

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування**  
Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

**«На правах рукопису»**

**УДК 62-1/-9**

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Гондляр О.В.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019р.

**Магістерська дисертація**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

спеціалізація Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування

на тему: **Лінія розливу спирту з модернізацією закупорювального пристрою**

виконав студент 2 курсу, групи ЛУ-81мп

**Башловка Євгеній Анатолійович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник \_\_\_\_\_ ктн. доц. Шаповал А.А. \_\_\_\_\_

Консультант (модернізація) \_\_\_\_\_ проф. Щербина В.Ю. \_\_\_\_\_

Консультант (ТМ та Е) \_\_\_\_\_ ст. викл. Борщик С.О. \_\_\_\_\_

Консультант (механотроніка) \_\_\_\_\_ доц. Левченко О.В. \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_

Київ 2019 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

Спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.В.Гондлях  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Башловці Євгенію Анатолійовичу**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації \_\_\_\_\_ Лінія розливу спирту з модернізацією закупорювального пристрою

Науковий керівник дисертації \_\_\_\_\_ ктн. доц. Шаповал А.А. \_\_\_\_\_,  
затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження: Процес розливу та укупорки спирту у тари

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): Продуктивність 2500пл/год, напруга живлячої мережі 220В, частота мережі 50Гц, встановлена потужність 11.8 кВт, середня споживча потужність 1,83 кВт, кінематична продуктивність 41пл/хв, привід виконавчих механізмів гідравлічний, швидкість конвеєрів 0.4 м/с габарити: довжина 2450мм, ширина 1700мм, висота 2225мм,

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Магістерська дисертація включає такі розділи: «Зміст», «Вступ», «Опис технологічної схеми розливу спирту в тари», «Технічні характеристики базової машини», «Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії», «Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації», «Розрахунки», «Охорона праці», «Технологія монтажу та експлуатації», «Механотроніка», «Стартап-проект», «Висновки», «Перелік посилань».

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:  
ЛУ81мп.015156.001-90ВЗ– Лінія розливу спирту  
ЛУ81мп.01.0563.002- 90ТС –Технологічна схема розливу спирту в тари;  
ЛУ81мп.015163.003-90СК – Автомат закупорення;  
ЛУ81мп.015163.004-90СК – Автомат фасування;  
ЛУ81мп.015163.005-90ВЗ – Лінія розливу спирту з модернізацією  
закупорювального пристрою;  
ЛУ81мп.015163.007-90ПЛ – 3D моделі деталей закупорювального пристрою  
ЛУ81мп.015163.008-90ПЛ – Результати розрахунків НДС деталей  
закупорювального пристрою  
ЛУ81мп.015163.009-90ПЛ – Автоматизація машини розливу спирту в тари

7. Орієнтовний перелік публікацій:  
Тези на X Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Закупорювальний пристрій» (12-13 грудня 2019р.); тези на X Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Пристрій для подачі ковпачків» (12-13 грудня 2019р.)

#### 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О., ст.викл.		
Модернізація	Щербина В.Ю., доц.		
Автоматизація	Левченко О.В., доц.		
Перевірка на оригінальність	Щербина В.Ю., доц.		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## Реферат

УДК

Магістерська дисертація «Лінія для розливу спирту з модернізацією закупорювального пристрою» / Є.А. Башловка КПІ ім. Ігоря Сікорського; н. керівник А.А. Шаповал. Робота містить: \_\_ с., \_\_ рис., \_\_ табл., \_\_ дод., \_\_ посилань.

**Об'єкт дослідження:** процес розливу та закупорки рідких матеріалів у тару.

**Предмет дослідження:** механічний стан лінії розливу та закупорки технічного спирту та закупорювального пристрою споживчої тари.

**Мета роботи:** модернізація пристрою для закупорювання споживчої тари, лінії фасування технічного спирту, та дослідження процесу закупорки пакувального устаткування для підтвердження його експлуатаційної придатності.

**Результати роботи та їх новизна.** У результаті виконаних у дисертації досліджень отримано наступні наукові результати:

1) Дослідження механічного стану обладнання з метою визначення працездатності запропонованої модернізації вузла закупорювального пристрою лінії розливу спирту з використанням розроблених континуальних числових моделей устаткування.

2) Аналіз достовірності отриманих результатів числового моделювання вузлів із урахуванням деформацій, спричиненими механічними властивостями матеріалів.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому:

1) Розробка в середовищі Solidworks твердотільних моделей вузлів лінії розливу спирту POKER 2Z 24/30 базової та модернізованої конструкцій та виконання відповідних складальних креслень.

2) Розробка геометрично нелінійної числової моделі механічного стану вузла закупорювальної головки модернізованої конструкції.

За темою дисертації самостійно опубліковано 2 друковані праці – 2 тези доповідей у збірниках доповідей науково-технічних конференцій.

ЛІНІЯ РОЗЛИВУ СПИРТУ, ЗАКУПОРЮВАЛЬНИЙ ВУЗОЛ,  
ЕТИКЕТУВАЛЬНИЙ ВУЗОЛ, ЗАКУПОРЮВАЛЬНА ГОЛОВКА,  
НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН, ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

## ABSTRACT

UDK

Master's thesis "Line for bottling of alcohol with modernization of the sealing device" / E.A. Bashlovka. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; scientific director A.A. Shapoval. The work contains: \_\_ p., \_\_ fig., \_\_ tabl, \_\_ appendix., \_\_ reference.

**Object of research:** the process of bottling and sealing of liquid materials in packaging.

**Subject of research:** mechanical condition of bottling line and corking of technical alcohol and capping device of consumer packaging.

**The objective of the work:** modernization of the device for sealing of consumer packaging, packaging line of technical alcohol, and research of the process of sealing of packaging equipment to confirm its operational suitability.

**The results of the work and their originality:** The following scientific results were obtained as a result of the research carried out in the dissertation:

1) Investigation of the mechanical condition of the equipment in order to determine the efficiency of the proposed modernization of the node of the sealing device of the alcohol bottling line using the developed continuous numerical models of the equipment.

2) Analysis of the reliability of the obtained results of the numerical modeling of the nodes taking into account the deformations caused by the mechanical properties of the materials.

**The practical significance of the results obtained** is as follows:

1) Development in Solidworks environment of solid-state models of POKER 2Z 24/30 alcohol bottling units of basic and upgraded structures and execution of corresponding assembly drawings.

2) Development of a geometrically nonlinear numerical model of the mechanical condition of the node of the sealing head of the upgraded structure.

On the topic of the dissertation, 2 printed works were independently published - 2 abstracts in the collections of reports of scientific and technical conferences.

ALCOHOL LINE, CODE, LABEL, CODE, STRENGTH-DEFORMED  
CONDITION, NUMERICAL MODELING

# 3MIST

ПЕРЕЛІК КМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....		8
ВСТУП.....		10
1	ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ СПИРТУ У ТАРИ.....	12
2	ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ СПИРТУ РОКЕР 2Z 24/30.....	14
3	ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД 3 МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАКУПОРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ.....	16
4	ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАКУПОРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ.....	30
5	ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ СПИРТУ.....	31
5.1	Параметричні розрахунки лінії для розливу спирту.....	31
5.2	Розрахунки на міцність.....	43
5.3	Розрахунки корпусу на міцність.....	48
5.4	Розрахунок методом скінченних елементів.....	55
6	МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ СПИРТУ.....	68
6.1	Складання вузла.....	68
6.2	Монтаж на фундаменті.....	73
7	АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ СПИРТУ У ТАРИ.....	77
7.1	Опис роботи лінії розливу спирту у тари.....	77
7.2	Розгляд функціональних модулів.....	77
7.3	Виконання розробки логіки.....	79

7.4 Керуючі команди.....	79
8 СТАРТАП ПРОЄКТУ.....	93
8.1 Опис ідеї стартап проєкту.....	93
8.2 Технологічний аудит ідеї стартап проєкту.....	95
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проєкту.....	97
8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап проєкту.....	97
9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	100
10 МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗАКУПОРЮВАЛЬНОГО ВУЗЛА.....	109
10.1 Розробка 3D моделей базової та модернізованої конструкцій вузла закупорювального пристрою.....	109
10.2 Розрахунки на міцність базової та модернізованої конструкцій вузла закупорювального пристрою. Визначення запасу міцності.....	110
10.3 Розрахунки на міцність модернізованої конструкції прута та ролика закупорювального пристрою.....	114
10.4 Підтвердження працездатності модернізованого вузла закупорювального пристрою.....	122
Висновки.....	123
Перелік посилань.....	126
ДОДАТОК А. КРЕСЛЕННЯ І ПЛАКАТИ.....	
ДОДАТОК Б. СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	
ДОДАТОК В. КОПІЇ ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ.....	



ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ,  
ТЕРМІНІВ ТА ОДИНИЦЬ

- П – продуктивність, Пл/год;
- V – напруга живлячої мережі, В;
- $\Omega$  - частота в мережі, Гц;
- P – встановлена потужність, кВт;
- PC – середня споживана потужність, кВт;
- ПК – кінематична продуктивність, пл/хв;
- VПЛ – ємність пляшки, л;
- НПЛ – висота пляшки, м;
- dПЛ – діаметр пляшки, м;
- hПЛ – товщина стінки пляшки;
- DЗ – зовнішній діаметр горличка пляшки, м;
- DBH – внутрішній діаметр горличка пляшки;
- $V_r$  – маса розлитого продукту, кг;
- $V_{\text{смк}}$  – маса продукції в бункері, кг;
- q - число дозувальних пристроїв;
- $K_d$ - коефіцієнт, відношення числа дозаторів числа, на яких відбувається наповнення пляшок;
- $\tau_H$  - тривалість наповнення пляшки, с;
- $\tau_{II}$  - тривалість руйнування піни, с;
- E - доза рідини в мірній склянці, мЗ;
- $\mu$  - коефіцієнт витрати, що характеризує опір зливного тракту ;
- f - площа вихідного перерізу дозатора, м<sup>2</sup>;
- $\rho$  - густина рідини, кг/мЗ;
- $d_6$  - діаметр пляшки, м;
- Gб, Gr - сила тяжіння відповідно пляшки і продукту в пляшці, Н;
- $\omega$  - кутова швидкість операційного ротора, рад / с;
- g - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;
- Fтрп, Fтрн - сила тертя відповідно порожньої і наповненої пляшки, Н;

$f_{mp}$  - коефіцієнт тертя пляшки по матеріалу столика;

$Q_1$  – зусилля при змиканні прес-форми, Н;

$p_0$  - тиск роздуву;

$A_{\sigma}$  - площа перетину стержня;

## ВСТУП

Успіхи новітньої автоматики та обчислювальної техніки сприяли появі нових підходів до автоматизації. Автоматизаційний підхід до виробничого процесу пояснюється як заміна дій людини відповідними пристроями лінії та вузлами керування і контролю за її роботою. Сучасний технологічний процес та конструкція технологічної лінії при цьому підході залишаються незмінним. Недоліком цього методу є те, що технологічні дії неавтоматизованого виробництва десятиліттями проектувались та вдосконалювались у відповідності із обмеженими функціональним потенціалом людини. В них вже зпроектований занижений потенціал підвищення інтенсивності виробництва, в яких не передбачені потенційні можливості для суміщення операцій, та застосування спеціальних фізико-хімічних ефектів. А тому в історії розвитку автоматичного та технологічного обладнання виявилось безліч невдалих екземплярів тільки через те, що їх функціональні вузли повторювали дії людини при робочому процесі.

Оскільки зміст виробничого процесу формують технологічні процеси, адже саме в їхніх конструкціях закладені всі потенційні можливості для підвищення якості продукції та підвищення продуктивності, а технологічні комплекси слугують для реалізації їхнього потенціалу.

Мета створення технологічного комплексу включає в себе: створення технологічного процесу, який має на меті забезпечити задану якість запакованого виробу; проектування на основі цього технологічного процесу для технологічного обладнання, що забезпечить потрібну продуктивність на виробництві.

Проблеми з упаковкою харчових продуктів та продуктів сировини які вимагають послідовної уваги з боку виробничих та торгівельних підприємств, тому, що нераціональний її вибір суттєво впливає на попит та пропозицію, конкурентоспроможність, зниження рівня якості, підвищення втрат, економічну ефективність на промисловості, транспорту, торгівельну, та оптимальне споживання. Упаковка покращує вантажообіг, облік та

комерційні операції, які орієнтують споживачів деяких вікових груп або категорій та особливостей товарів.

В даний час технічний спирт по обсягу виробництва посідає передове місце серед продуктів органічного синтезу, який широко використовується в медичній, харчовій та парфумерній промисловостях. Діє також як розчинник, антифризу, компонента який використовується як пальне рідинних ракетних двигунів та напівпродукту основного органічного синтезу для отримання хлороформу, оцтової кислоти, ацетальдегіду, діетилового ефіру, штучного шовку, синтетичного каучуку, бездимного пороху, та інших. В останній час різко зросло використання етанолу в мікробіологічній промисловості на етапі виробництва кормових дріжджів для тваринної промисловості. Світове виробництво технічного спирту складає близько 4 млн. тонн на рік. Що в свою чергу прирівнює виробництво етилового спирту до розряду великотоннажних, що потрібно враховувати при виборі способу виробництва. Останнє повинно відповідати екологічним вимогам та бути економічно раціоналізованим.

## 1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ СПИРТУ У ТАРИ

Преформи встановлені оператором на пресформи видуву литтєвої машини 1 та зформовують готову тару для розфасовки технічного спирту. За допомогою роликового конвеєра 8 тари подаються у вертикальному вигляді, за вказівками оператора, який надає їм вертикальної орієнтованості. Пляшки направляють за допомогою ротора в машину розливу 2, котрім через насос подається спирт через обрану схему розливу. За допомогою роторів, пляшки поступово переміщуються по колу, де заповнюються, ротор рухає заповнену пляшку на пластинчастий конвеєр 3, який має обмежуючі направляючі, які можуть регулювати висоту щоб пляшка не падаючи поступала до автомату закупорювання 4, котрий через пристрій подачі кришечок отримує завчасно правильно орієнтовані кришечки, та пристроєм закупорювання герметизуємо пляшку. При допомозі проміжних конвеєрів та шнеків машин, тари подаються до етикетувального автомату 5. Роторами лінії транспортують тари від вузла нанесення клею на тару через вузол подачі етикетки та до вузла дооформлення етикетки, яка розрівнює та притискає етикетку до тари, та наноситься дата. Підготовлена тара виводиться з останньої технологічної операції на збиральний стіл 6, звідки вже оператор вручну сформовує групові пакування і направляє їх до термоусаджувальної камери, де сформовується кінцеве групове пакування з 9-12 тар, в залежності від потреб.

Повний цикл займає 47 хвилин, не враховуючи час формування тари.

Цех з фасування та закупорювання технічного спирту в тари може працювати в три зміни. Оремо машина видуву тар та окремо, власне, розлив-закупорювання та етикетування. І зовсім окреме групове пакування в термоусаджувальну плівку. Яке в умовах сучасного виробництва в Україні є досить зручним, у зв'язку з можливістю установити генератор меншої потужності, та економії.

Технологічна лінія для фасування спирту в тари має вигляд як показано на рис. 1.

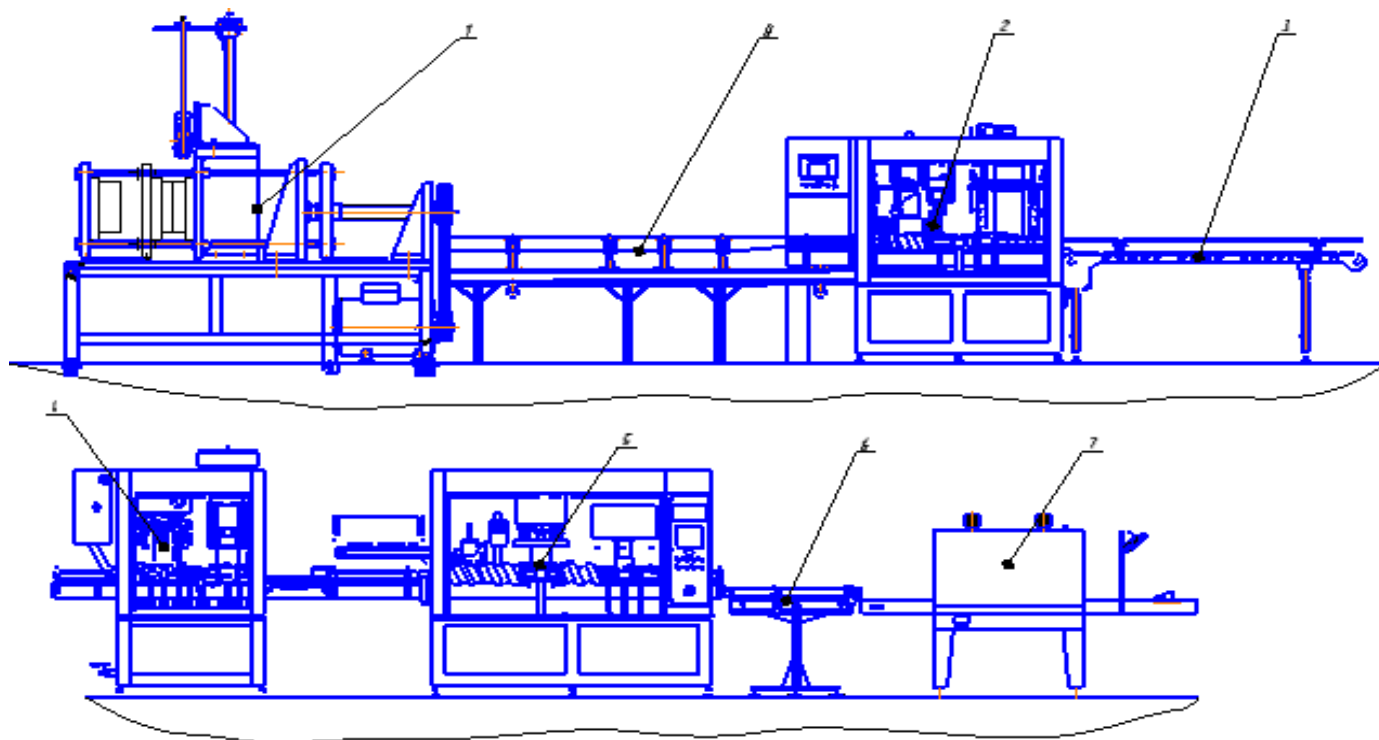


Рис.1 Лінія для фасування технічного спирту типу POKER 2Z 24/30

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІНІЇ ФАСУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СПИРТУ У ТАРИ

В ролі базової машини в даному дипломному проєкті виступає «Лінія розливу спирту в тару». Технічні характеристики лінії розливу спиртів у тари представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики лінії розливу спирту у тари

№	Технічні характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
1	Продуктивність	пл/год	2500
2	Напруга живлячої мережі	В	220
3	Частота в мережі	Гц	50
4	Встановлена потужність	кВт	11,8
5	Середня споживана потужність	кВт	1,83
6	Кінематична продуктивність	пл./хв	41

Реальна продуктивність лінії залежить від об'єму пляшки (при об'єму пляшки 100 мл продуктивність зростає до 4500 пл/год), від температури .

Габаритні та технологічні розміри тар, які використовують на даній лінії представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Габаритні та технологічні розміри тар, які використовують в лінії фасування рідин у тари

№	Технічні характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
1	Ємність тари	л	0.05 – 0.1
2	Висота тари	м	0.015 – 0.03
3	Діаметр тари	м	0,05-0,1
4	Товщина стінки тари	мм	$\geq 2$

5	Зовнішній діаметр горличка тари	м	0,025-0,04
6	Внутрішній діаметр горличка тари	мм	$\geq 10$



### **3. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, ПАТЕНТНИЙ ПОШУК, РОЗРОБКА МЕТИ РОБОТИ**

Класифікація обладнання:

По типу обладнання ділиться на:

- Обладнання карусельного типу
- Обладнання лінійного типу

По типу рідин:

- Вакуумні
- Ізобаричні
- Гравітаційні
- Об'ємні

Обладнання карусельного типу мають більш високий клас, чим обладнання лінійного типу.

В даному розділі розглянуті машини по розливу напоїв представлених нижче.

Автомат розливу води і напоїв АРЛ-6(С). Призначений для розливу газованих або негазованих рідин в тари (рис. 3.1)

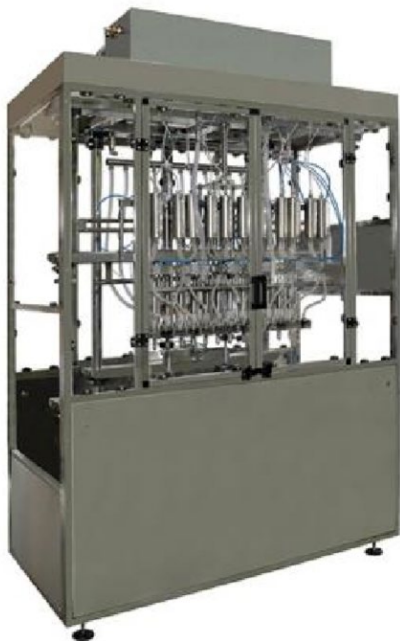


Рисунок 3.1 – Автомат розливу АРЛ8-6(С)

Дане обладнання має невисоку виробничість, до обладнання необхідно додатково установити закупорювальну машину.

Розливна машина РОЗМА-030 призначена для розливу газованих і негазованих рідин, алкогольних, слабоалкогольних і безалкогольних напоїв. Ступінь насичення: газовані, сильногазовані і надгазовані (рис. 3.2)



Рисунок 3.2 – Машина для розливу РОЗМА-030

Обладнання має ряд переваг: дозування різних рідин, має різну ступінь насиченість газами, але для машини не досить велика виробничість.



Рисунок 3.3 – Машина для закупорення тар

При необхідності закупорювати більше 1000 пляшок / годину, застосовують автоматичні закупорення, більшість з яких це машини карусельного типу. Залежно від кількості та типу укупорювальних голів (укупорювальних патронів), машини, які запропоновані компанією РОСПРОДМАШСЕРВІС, різняться між собою за типом ковпачка (пробки, кришки) ними закупорюють і продуктивність. Автомати закупорки гвинтовим алюмінієвим ковпачком всіх типових техрозмірів, закупорення ковпачком типу "гуала", коркові укупорення, пристрої закупорки пластиковим та різьбовим ковпачком (для ПЕТ-пляшки), автоматичні закупорення пробки типу "Кронен " і укупорення кришкою типу "твіст-офф".



Рисунок. 3.4

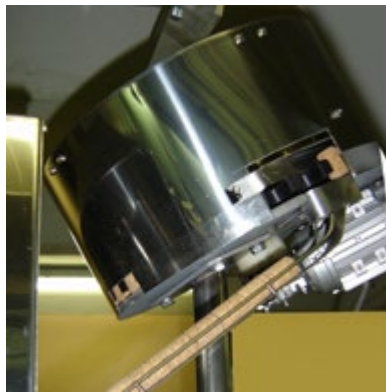


Рисунок. 3.5



Рисунок. 3.6

Укупорення відбувається під час руху тар по каруселі, куди вони надходять за допомогою ділильного шнека, зірок та турнікетною напрямною. Автомат закупорення налічує пристрій орієнтування пробки: рухачем або універсальним бункером-орієнтатором, який для налаштування на роботу з іншим типом та техрозміром ковпачка, потрібно змінити диск, напрямок подачі пробки (лотки подачі пробки) і накладку.

AROL є одним із основних світових виробників обладнання для закупорення. Компанія AROL виробляє та розробляє як окремі укупорювальні моноблоки (машини, в єдиному корпусі об'єднують дві і більше турелі для закупорювання різними типами ковпачків і пробки), так і турелі укупорки вбудовувані в моноблоки розливу. Більшість серйозних виробників обладнання розливу в Італії (як втім, і в усьому світі) при виробництві використовують

вузли і турелі AROL. Автомати закупорення AROL комплектують разом з направлявачем пробок або бункером-орієнтатором пневматичної дії.



Рисунок. 3.7.



Рисунок. 3.8.



Рисунок. 3.9



Рисунок. 3.10

Від характеристик конструкцій машин, типу та кількості укупорювальних патронів (до 30 штук в одному апараті), укупорена AROL вже багато років та з успіхом використовуються по всьому світу задля вирішення завдань по укупорці всіма типами ковпачків та пробок, які використовуються в даний час в індустрії розливу технічного спирту в тари.

На фото зображені окремі установки для закупорення: алюмінієвим гвинтовим ковпачком (рис.4.4), кронен-пробкою (CROWN, рис. 4.5), пристрій для закупорювання пластиковим гвинтовим ковпачком (рис 4.6), пристрій для коньячної грибоподібної пробки Камю (рис. 4.7) і коркова укупорка (натуральної винної пробкою, рис. 4.8).

Все укупорювальне устаткування AROL розробляється з сертифікованих матеріалів, дозволених для використання в різних виробництвах.

Жорсткість та міцність конструкції автомата забезпечується електрозварними конструкціями просторовими рамами з профільної труби та товстим сталевим листом підтримки каруселі, покритим нержавіючої сталлю. Машина комплектується регульованими по висоті



Рисунок.3.11

гвинтовими опорами з нержавіючої сталі зі стійкими до стирання накладками. Всі деталі та вузли машини, що контактують з тарою та ковпачком виконані з нержавіючої сталі або нейтральних матеріалів (високомолекулярний поліетилен та капрон). Панелі огорож відсіку приводу виготовлені з нержавіючої сталі AISI 304 та легко знімаються для зручності обслуговування.

Панель для керування автоматом – розроблений з нержавіючої сталі з застосуванням в електричній схемі електронних компонентів таких як: MOELLER і OMRON та вогнестійких кабелів.

Плавне регулювання продуктивності машини та налаштування висоти турелі для роботи з тарами іншої висоти виробляється з панелі керування.

Все обладнання компанії AROL виробляється з урахуванням вимог безпеки ЄЕС: укупорювальні системи оснащені мікродатчиками, які блокують роботу автомата при незачинених дверцях огорожень.

Ділильний шнек та турнікетна група лінії забезпечені пристроями які його зупиняють, при виникненні відповідній ситуації (заклинення, перевертання, ройнування пляшки). Щоб запобігти поломки устаткування, система безпеки автомата налічує звукову та світлову сигналізацію, яка сповіщує оператора про виникнення несправності [8].

Укупорювальна машина виконує закупорювання тар ковпачками. Кожен пробковерт по копіру спускається на тару та закручує ковпачок. Зусилля яке спрямоване на виштовхування ковпачків на тару створюється середньої пружиною. Зусилля яким нагвинчуються ковпачки – виконується за допомогою малої пружини. Момент закупорювання регулюється за допомогою фрикційної муфти через піджимання або ослаблення восьми пружин. Обертання пробковертів проходить від індивідуального приводу через блок

шестерень та шестерень приводів пробковертів. Щоб досягти якісного закупорювання тар потрібно регулювати закупорювальний апарат по висоті. Регулювання проводиться через підйомний гвинтовий механізм. Перед регулюванням потрібно звільнити гвинт механізму від його гайки та стопорної шайби. Висота укупорювального апарату має бути встановлена, щоб бортик тари мав знаходитись вище зубчиків зубчатки на 2-2,5 мм.

Після регулювання пристрою, гвинт підйомного механізму потрібно зафіксувати. Рекомендується час-від-часу приводити в рух підйомний механізм укупорювального апарату, для того, щоб рухомі частини не заклинювали, та для роботи належним чином. Після закручення, пробковерти копіром підіймаються вгору, закупорені тари транспортуються на відповідний транспортний пристрій лінії. При черезмірному накопиченні тар на відвідному транспортері блокуючий пристрій припиняє роботу лінії.

Таблиця 3.1 – Результат патентного пошуку

№	Номер патенту, дата публікації, індекс МПК	Автори винаходу	Мета винаходу
1	RU2295488C2, 2005р B67B3/02, “УКУПОРОЧНАЯ ГОЛОВКА”	Ровинский Лев Абрамович, Шамшурко Сергей Михайлович	Прототип має більш високу надійність роботи і якість закупорювання, зниження браку. Це досягається введенням додаткових елементів: пружного елемента (наприклад, пружини кручення), кулачка і проміжного важеля на кожній з вертикальних осей, паралельних осі укупорювальної головки.
2	RU 2329944 C1, 2006р., B67B3/20, “УКУПОРОЧНАЯ ГОЛОВКА”	Пахомов Дмитрий Иванович Бирюков Николай Петрович	Пристрій призначений для загвинчування і закручування ковпачків на пляшках з різьбовими шийками.
3	EP2427403, 2012р.,	Preti Fabrizio	Укупорювальні головки для апаратів для



	B67B3/10; B67B3/22, “CAPPING HEAD AND APPARATUS FOR THE CAPPING OF BOTTLES”		закупорювання контейнерів налаштовані для кріплення різних типів кришок контейнера на отвір
4	EP0560403 B1, 1994p, B67B 3/12, B67B 3/02, “Capping die for capping machine”	Arthur I. Risser	Винахід відноситься до елемента закупорки закупорювання тар з кронен-пробки або аналогічним ковпачком за допомогою закупорювання елемент, який розташований над пляшкою підтримки, може бути знижений за вертикальної осі від вихідного положення,
5	EP 2170758 B1, 2012p, B67B 3/20, B67B 3/22, “A capping machine”	Marco Baroni, Gianpietro Zanini,	Пристрій оснащений відповідним закупорювальною головкою, в кожній з яких відбувається захоплення за допомогою ковпачка через навісні щелепи.
6	EP2206676 B1, 2012p, B67B 3/20, B67B 3/18 “Capping head for applying caps on containers”	Giovanni Mazzon  Luca Urbani	Покриваючи головку ковпачка механізм призначений для установки на закупорювальні машини та включає в себе засіб передачі та затискання пристроїв.
7	EP1803681A2, 2007, B67B 3/064 “Device for feeding caps”	Sergio Cirio	Пристрій для подачі кришечок для укупорки, що має в своєму складі направляючу з кришками, куди вони поступають безперервно, і транспортну систему з накопичувачем,
8	RU 2291834 C2,	ШПЕТЕР Карл-	Винахід забезпечує

	B67B3/20, 2003р УКУПОРОЧНЫЙ КОНУС	Хайнц	додаток до нагвинчується гвинтовий кришці більш високого крутного моменте
9	EP0786433B1, 2000р, B67B 5/03 “CAPPING HEAD”	Enrique Echeperare Fernandez	Упорювальна голівка призначені для кріплення капсули на верхній частині шийки тари.
10	SU 189701 A1, B67B3/02, 1966р “УКУПОРОЧНАЯ ГОЛОВКА К УСТРОЙСТВАМ ДЛЯ УКУПОРКИ ”	В. П. Брейтман, А. А. Деменок, В. П. Спица Д. А. Ярмолинский,	Укупорочная головка до пристроїв для закупорювання пляшок алюмінієвими ковпачками, За підйомі пляшка, долаючи опір підпружиненого штовхача, впирається ковпачком в торець втулки.

У патенті [1] описується конструкція укупорювальної головки. Привідний вал якої з розширенням відносно прототипа у місці контакту з верхнім та нижнім важелями. Який виконано у вигляді тіла обертання з переміщеним кутом нахилу твірної тіла та його осі і закаточними роликами який розсташований на нижньому важелі. Головка забезпечена проміжним важелем розсташованим на осі та кулачком який пов'язаний з проміжним важелем.

Пропонований пристрій має більш високу надійність роботи та якість закупорювання, зниження браку, що досягається введенням додаткових елементів: пружного елемента, кулачка та проміжного важеля на кожній з вертикальних осей яка жорстко пов'язана з верхнім важелем та кулачком.



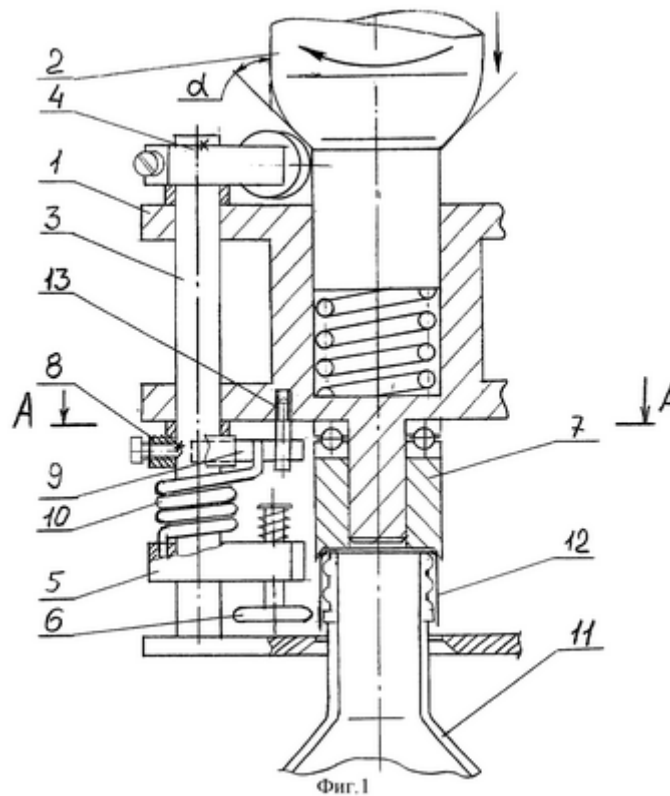


Рисунок 3.12 – Конструкція закупорювальної головки за патентом RU 2295488

Ціллю модернізації є покращення закупорення, шляхом зниження бракованої подукції.

У патенті [2] розглядається конструкція закупорювального вузла що використовується для закупорення скляних тар з різьбовими шийками. Містить трубчастий корпус, жорстко з'єднаний із загальним корпусом, на котрому закріплений механізм загвинчування, та закатування ковпачків на горловину посудини. Засіб часткового зчеплення виконано у вигляді фрикційної муфти яка складається зі столика та фрикційної накладки та регулярної втулки.

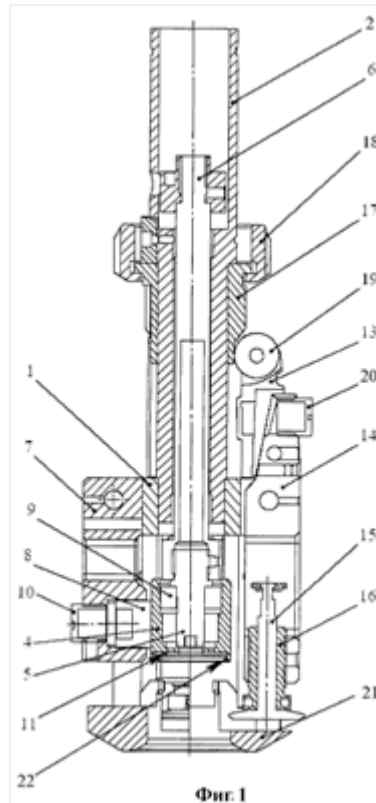


Рисунок. 3.13 – Укупорювальний вузол за патентом RU 2329944

Ціллю модернізації є покращення методу закупорення що досягається зміною структури вузла за рахунок зміни механізму загвинчування ковпачка внаслідок столика загвинчування з опорною віссю закріпленої на нерухомій вісі.

У патенті [5] проаналізовано структуру механізму закупорення пластикових пляшок. Пляшки закупорені гвинтовим типом кришок які закупорюються на карусельному типу машини які налічують центральний барабан що може обертатись навколо своєї вертикальної вісі. Які оснащені відповідними закупорювальними головками, захоплення кришечки відбувається за рахунок навісних щелеп через захоплення відкриваються та закриваються кожна закупорювальна головка.

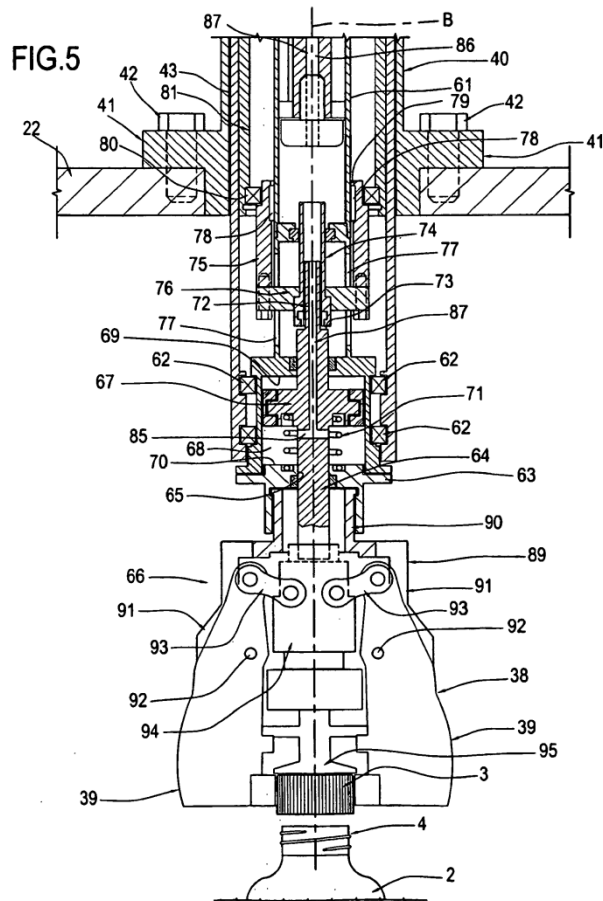


Рисунок. 3.14 – Механізм закупорення пляшок за патентом EP 2170758

Ціллю модернізації є покращення орієнтації кришечок на горличко пляшки що досягається системою захоплення та орієнтації по вісі пляшки, та інших допоміжних компонентів які пов'язані з центральним барабаном.

У патенті [7] розглянута конструкція механізму орієнтації кришечок. Яка налічує направляючу з кришками куди потрапляють безперервно кришечки, та транспортну систему з накопичувачем. Стопорний керуючий циліндр керує накопиченням бункеру. Напрямна стнація обладнана великою кількістю отворів для надходження повітря.

FIG. 1

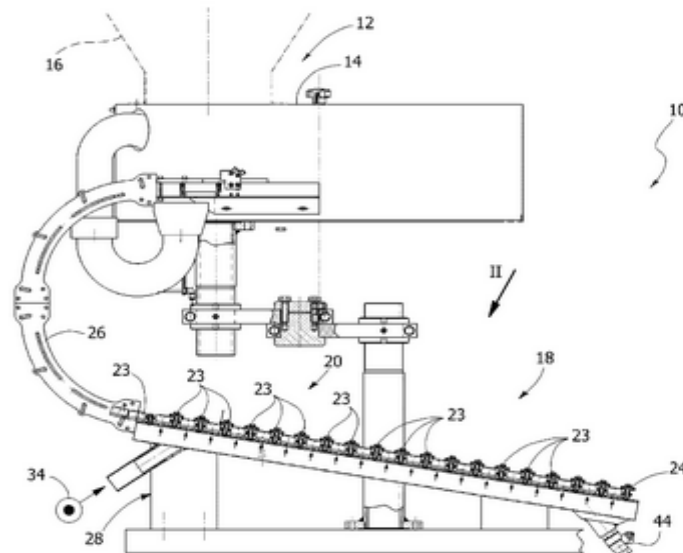
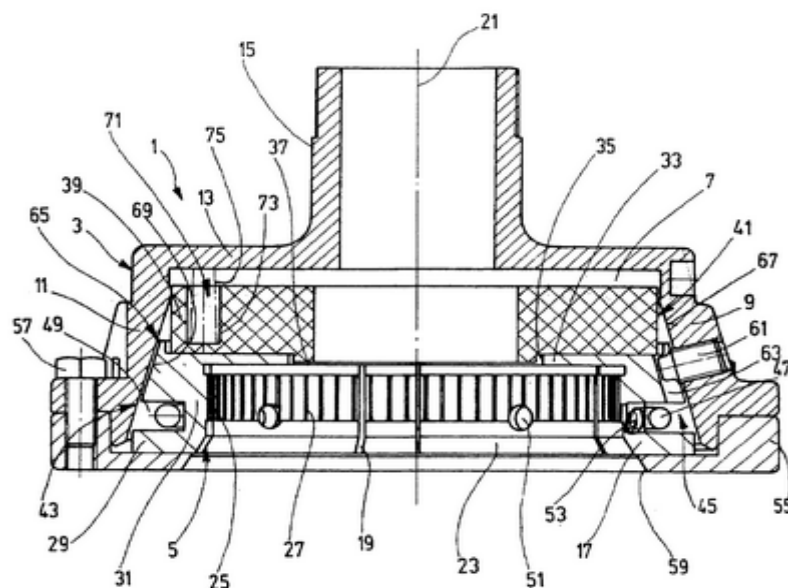


Рисунок 3.15 – Вузол подачі кришечок по патенту EP 1803681

Ціллю модернізації є покращення подачі кришечок, що в свою чергу збільшить швидкість закупорення тар, та дає можливість додатково промити та почистити кришечки перед орієнтацією.

У патенті [8] розглядається укупорювальний конус для закривання ємностей. Винахід забезпечує та покращує додаток до орієнтації кришечок яка нагвинчується більш високим крутним моментом. Закупорювальний конус це поєднання патрону для орієнтації кришечок та без повороту затискального кільця. Пристрій взаємодіє з кришечкою для стиснення та стабілізації.



Фиг. 1

Рисунок. 3.16 – Укупорювальний конус по патенту RU 2291834

Ціллю модернізації є покращення затиск гвинтової кришки, таким чином що воронка-конус виконано так що сприяє стисненню сегментів кришечки. Що в свою чергу покращує орієнтацію та закупорку кришечок.

У патенті [9] розглянуто закупорювальну головку що призначена для закупорки тар з металевими кришечками на верхній частині шийки пляшечки. Закупорювальні головки з серії планетарних роликів що обертаються навколо капсули на стрижнях. Голівка створює тиск на стрижні що в свою чергу орієнтує кришечку на горличку пляшки.

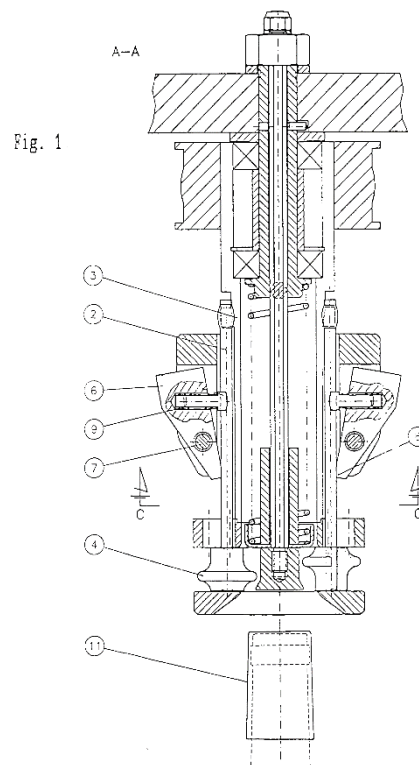


Рисунок. 3.17. – Закупорювальна головка по патенту EP 0786433B1

Ціллю модернізації це створення точнішого тиску на кришечку пляшки. Що в свою чергу знижує відсоток бракованої продукції. Балансуючі елементи мають власні голівки які можуть створити тиск на окремі ролики і також оснащені пружинами.

У патенті [10] розглянуто укупорювальну головку для пристрою укупорки.

Укупорка проводиться за допомогою укупорювальної головки та центрується дзвіночком. За підйом пляшки долаючи опір штовхача, впирається ковпачком в торець втулки. Хвостовик набігає на копір та переміщує патрон вниз, що тисне

на кільце який обжимає ковпачок на шийці пляшки та втулку яка щільно притискає ковпачок по вінцю пляшки.

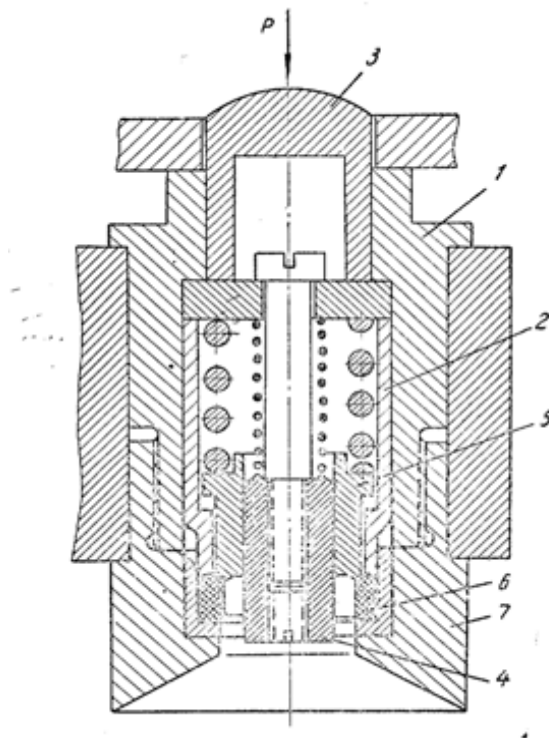


Рисунок. 3.18 – Закупорювальна головка пристрою для закупорки по патенту SU 189701

Ціллю модернізації змінити обтискне еластичне кільце циліндричного корпусу. Який розташований в останньому рухомому патроні з хвостиком для передачі тиску на обтискне кільце що центрує дзвіночок. Що в свою чергу покращить обтиск алюмінієвих ковпачків.

## **4 ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАКУПОРЮВАЛЬНОГО ПРИБОРУ**

В результаті літературного та патентного огляду було обрано за основу для модернізації 2 патенти на корисні моделі RU 2329944 та SU 18970, “Укупорювальна головка” та “Укупорювальна головка для пристроїв укупорки”.

В основу корисної моделі поставлена задача покращення закупорювального пристрою за рахунок зміни розмірів та характеристик закаточних роликів порівняно з прототипом що має на меті спростити процес одягання та орієнтації ковпачка. Поставлену задачу вирішують тим що на циліндричних прутах закупорювального пристрою була змінена форма та розмір закаточних роликів, що покращить закупорку шляхом зниження кількості бкаку та швидкості закупорки.

## 5 ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ СПИРТУ

### 5.1 Параметричні розрахунки лінії розливу спирту

Продуктивність лінії для розливу технічного спирту прослідковуємо за обладнанням, яке на меті має лімітувати процес виробництва. Тому продуктивність розглянутої конструкційної лінії розраховується виходячи з виробничої ємності бункеру для спирту та загального часу тривалості робочого циклу.

Виробна ємність бункеру, це сума об'єму матеріалу, який заливається за одне відвантаження цистерн, які привозять технічний спирт в цех розливу або до проміжного бункеру від цеху виробництва.

Відношення об'єму фасованого спирту до виробничої ємності бункеру який характеризується коефіцієнтом виходу, величина якого визначається відношенням до об'єму розлитого продукту та виробничої ємності бункеру. [7]

Коефіцієнт виходу:

$$f = \frac{V_2}{V_{\text{емк.}}},$$

$V_2$  – це маса розлитого продукту,  $V_2 = 100$  кг.

$V_{\text{емк.}}$  – це маса продукції в бункері,  $V_{\text{емк.}} = 240$  кг.

Тому:

$$f = \frac{100}{240} = 0,42.$$

Час, котрий витрачається для розливу одного бункеру технічного спирту:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 1 + 5 + 10 + 1 + 15 = 32 \text{ хв.}$$

де  $t_1$  – тривалість завантаження речовини в бункер,  $t_1 = 1$  хв – завантаження триває та відбувається за допомогою шиберної заслінки під дією сил тяжіння за допомогою проміжного бункеру.

$t_2$  – тривалість часу розливу  $t_2 = 5$  хв.

$t_3$  – тривалість часу закупорювання  $t_3 = 10$  хв.



$t_4$  – тривалість часу етикетування  $t_4 = 1$  хв.

$t_5$  – тривалість часу групового формування  $t_5 = 15$  хв.

Процес визначення технічної продуктивності фасувальних (розливних) ліній для рідких й продуктів відбувається при урахуванні позациклових витратах часу для допоміжних операцій та випуск дефектного матеріалу.

Технічну продуктивність фасувальної лінії (тар / год) потрібно розраховувати за наступною формулою:

$$P = 3600q / [K_D (K_H \tau_H + \tau_P)],$$

$q$  - це число дозуючих пристроїв;

$K_D$  - це коефіцієнт, який враховує відношення загального числа дозаторів до їхнього числа, де відбувається наповнення тар,

$$K_D = 1,60 \dots 1,65;$$

$K_H$  - коефіцієнт, який враховує умови наповнення тари,

$$K_H = 1,40 \dots 1,45;$$

$\tau_H$  - тривалість наповнення тари, с;

$\tau_P$  - тривалість розчинення піни,  $\tau_P = 2,0 \dots 2,5$  с.

$$P = 3600 * 8 / (1,6 * (1,4 * 5 + 0,5)) = 3400 \text{ пляш/год}$$

Час наповнення тар часто прирівнюють до часу тривалості спорожнення мірного стакана  $\tau_C$  (за наявності останніх в лініях для фасування за об'ємом). Дана величина що визначається по відомим з гідравліки залежностям, які характеризують процес протікання рідини з посудини. Та при фасуванні за обсягом даний рівень в посудині, природно, змінюється:

$$\tau_C = 2E / \mu f \sqrt{2\Delta P / \rho},$$

$E$  – це доза рідини в мірній тарі, м<sup>3</sup>;

$\mu$  – це коефіцієнт витрати, який характеризує опір зливної суміші

$$\mu = 0,48 \dots 0,98;$$

$f$  – це площа вихідного перерізу дозатора, м<sup>2</sup>;

$\Delta P$  - це тиск стовпа рідини в мірній тарі, Па,

$\rho$  – це густина рідини, кг/м<sup>3</sup>.

$$\tau_C = 2 * 0,1 / 0,9 * 0,05 \sqrt{2 * 210 / 0,000789} = 0,8 \text{ с}$$

При незмінному тиску  $\Delta P$  час наповнення такої ж дози рідини  $E$  зменшується в 3.2 рази.

Час заповнення тари при розливі під вакуумом вираховується так само. В цьому випадку під зміною тиску, або напором, варто розуміти різницю між тиском в тарі та протидії гідростатичним напорам (коли ж рівень рідини в видатковому резервуарі нижчий за рівень в фасувальній пристрої) або їхню суму (коли рівень рідини в резервуарі вищий, чим у пристрої).

### 5.1.1 Розрахунки умов проковзування тари

Розрахунки умов неперекидування тари проводяться за даними рівняннями для

порожньої тари

$$F_{цбп} h_{п} \leq G_{б} d_{б} / 2;$$

наповненої тари

$$F_{цбп} h_{н} \leq (G_{б} + G_{р}) d_{б} / 2,$$

де  $F_{цбп}$ ,  $F_{цбн}$  - відцентрова сила яка є відповідно в порожній та наповненій тарах, Н;

$h_{п}$ ,  $h_{н}$  - висота центру ваги яка є відповідно в порожній та наповненій тарах, м.

3 Характеристики від типу тари

$$h_{п} = 0,11 \dots 0,135 \text{ м},$$

$$h_{н} = 0,10 \dots 0,115 \text{ м};$$

$G_{б}$ ,  $G_{р}$  - сила тяжіння від типу тари і продукту в тарі, Н;

$d_{б}$  - діаметр тари;  $d_{б} = 0,045 \dots 0,047 \text{ м}$ .

Частини вищенаведених рівнянь розраховуються за допомогою наступних рівнянь:

$$F_{цбп} = m_{б} \omega^2 R; \quad F_{цбн} = (m_{б} + m_{р}) \omega^2 R,$$

де  $m_{б}$ ,  $m_{р}$  - маса тари і продукту в тарі, кг;

$\omega$  - кутова швидкість операційного ротора, рад / с,

$R$  - радіус операційного ротора, м.

$$G_{\delta} = m_{\delta}g; C_{\delta} + G_p = (m_{\delta} + m_p)g,$$

$g$  - прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Розрахунки для умов проковзування тари з підйомного столика операційного ротора розраховуються за такими нерівностями:

порожньої тари

$$F_{цбп} \leq F_{трп};$$

наповненою тарою

$$F_{цбн} \leq F_{трн},$$

де  $F_{трп}$ ,  $F_{трн}$  - сила тертя для порожньої та наповненої тари, Н.

Сили тертя які визначаються по наступних формулах:

$$F_{трп} = G_{\delta} f_{тр} = m_{\delta} g f_{тр};$$

$$F_{трн} = (G_{\delta} + G_p) f_{тр} = (m_{\delta} + m_p) g f_{тр},$$

$f_{тр}$  - коефіцієнт тертя тари по матеріалу стільниці.

За таких умов неперекидування та проковзування тари при інших рівних умовах виконуються та залежать від частоти обертання операційного ротора. Якомога більша швидкість обертання ротора, то тим більше ймовірність перекидання і проковзування тари.

### 5.1.2 Розрахунок діаметрів штока та поршня циліндра для витяжки преформи

Щоб розрахувати використаємо наступні дані:

- технологічне зусилля штока  $P_T = 200 \text{ Н}$ ;
- повітряний тиск в системі  $P_0 = 0,4 \text{ МПа}$ ;
- маса рухомих частин лінії  $m = 15 \text{ кг}$ ;
- коефіцієнт тертя  $K_{TP} = 0,15$ ;
- безрозмірне завантаження  $\eta = \frac{\sum P}{P_0 \cdot F} = 0,4$ .

Зусилля яке потрібне на подолання сил тертя. Використовуючи вертикальне транспортуванні можна визначити по формулі [4]:

$$P_{TP} = K_{TP} \cdot m \cdot g;$$

потім, підставивши числові значення у формулу, маємо

$$P_{TP} = K_{TP} \cdot m \cdot g = 0,15 \cdot 15 \cdot 10 = 18,5 \text{ Н.}$$

Використовуючи аналітичний вираз для  $P_C$  та числові значення по формулі, розрахуємо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_C}{\pi \cdot \eta \cdot P_0 \cdot (1 - K_{TP})}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (P_T + P_{TP})}{\pi \cdot \eta \cdot P_0 \cdot (1 - K_{TP})}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (200 + 22,5)}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,15)}} = 0,0456 \text{ м.}$$

Відповідно до ГОСТ 12447-80 заокруглюємо отриманий діаметр поршня в більшу сторону, та приймаємо  $D=0.05$  м.

Діаметр вирахованого штока знаходиться через співвідношення. Через числове співвідношення зробимо висновок про транспортний характер та переміщення заданого вантажу. Розрахований діаметр штока пневмоциліндра розрахуємо по формулі

$$\frac{d}{D} = 0,5 \Rightarrow d = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 0,0456 = 0,0215 \text{ м.}$$

Розраховане значення також потрібно віднести по нормальним діаметрам по ГОСТ 12447-80. А тому приймаємо  $d=0.022$  м.

Визначимо діаметр поршня та штока циліндра герметизації заготовки

До розрахунку потрібні наступні дані:

- технологічне зусилля на штоці  $P_T = 120$  Н;
- повітряний тиск в системі  $P_0 = 0,3$  МПа;
- рухома маса частин  $m = 5$  кг;
- коефіцієнт тертя  $K_{TP} = 0,12$ ;
- безрозмірне навантаження  $\eta = \frac{\Sigma P}{P_0 \cdot F} = 0,32$ .

Зусилля яке необхідне щоб подолати сили тертя при вертикальному транспортуванні можна розрахувати по формулою:

$$P_{TP} = K_{TP} \cdot m \cdot g;$$

потім, підставивши числа у формулу, матимемо

$$P_{TP} = K_{TP} \cdot m \cdot g = 0,12 \cdot 5 \cdot 8 = 5,8 \text{ Н.}$$

Використовуючи аналітичний вираз та числові значення  $P_c$  у формулі матимемо розрахунковий діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_C}{\pi \cdot \eta \cdot P_0 \cdot (1 - K_{TP})}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (P_T + P_{TP})}{\pi \cdot \eta \cdot P_0 \cdot (1 - K_{TP})}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (150 + 7,5)}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,15)}} = 0,03532 \text{ м.}$$

Згідно до ГОСТ 12447-80 округлимо розрахований діаметр поршня до більшої сторони, а тому матимемо  $D=0.35$  м.

Діаметр штока розраховується із заданого співвідношення. За числовим співвідношенням якого потрібно зробити висновок про транспортний стиль переміщення заданого вантажу. В якому розрахунковий діаметр штока пневмоциліндра матимемо

$$\frac{d}{D} = 0,4 \Rightarrow d = 0,4 \cdot D = 0,4 \cdot 0,032 = 0,0154 \text{ м.}$$

Отримане значення також слідує в відношенні з нормальним рядом діаметрів ГОСТ 12447-80. Отримане значення також слід застосувати відповідно до нормальних табличних діаметрів ГОСТ 12447-80 застосуємо  $d=0.016$  м.

### 5.1.3 Розрахунок вузла змикання преформ

Цей вузол лінії призначений для переміщення литтєвої форми та створення зусилля для збирання при формуванні в ній полімеру. Вузли пресування підрозділяють на універсальні та спеціальні [5]. Універсальні конструкції мають забезпечити установку різних ливарних преформ (які відрізняються основними розмірами) для виробів різного призначення. На спеціалізованих конструкціях можна отримати вироби певного типу або призначення (фітинги, взуття...).

Замикаючі механізми підрозділяються на прості і блокувальні [5].

Прості конструкції змикання форми та створення зусилля запирання виконуються одним механізмом. Заблоковані конструкції в яких плита переміщується під дією сили одного механізму, і зусилля запирання створюється іншим апаратом.

Прості гідравлічні конструкції в яких один гідравлічний механізм виконує дві функції – переміщення та замикання. Прості гідромеханічні конструкції в яких ці функції виконує один автоматизований механізм - гідромеханічний або електромеханічний механізми.

Електромеханічний привід автоматизованого механізму замикання виконується від електродвигуна через механічну передачу.

Схема гідравлічного механізму (рис. 1.1). Конструкції що мають декотрі обмеження при застосуванні. Тому так як великі розміри гідроциліндра потребують великих витрат мастила для скорочення тривалості переміщення плити, та також її велика маса механізму задля необхідності створення великих зусиль замикання.

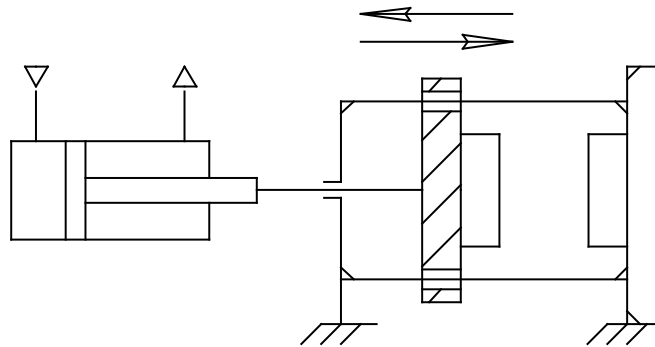


Рисунок. 5.1 - Гідравлічний механізм

Конструкції гідромеханічних пресових (рис. 1.2) мають переваги у порівнянні з гідравлічними, тому що кінематика механізму допомагає зменшенню швидкості руху плит коли змикаються преформи. Вони більш економічні (відносно споживання енергії) та налічують більш прості гідросистеми [5].

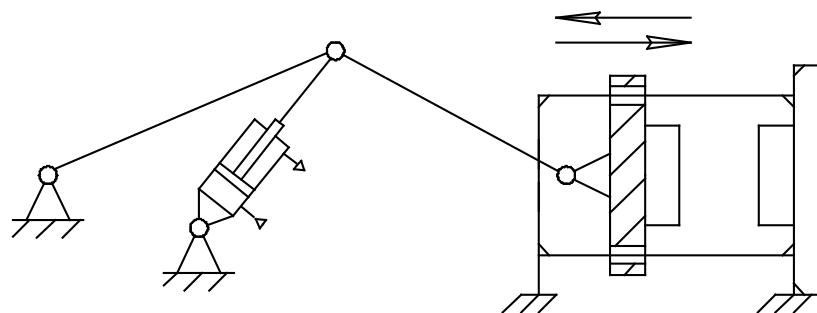


Рисунок. 5.2 - Схема гідромеханічної конструкції.

Але найпростішим в експлуатації є електромеханічний привід основою якого є гвинтовий механізму (рис. 1.3.). Він економічніший, та має меншу вагу та розміри.

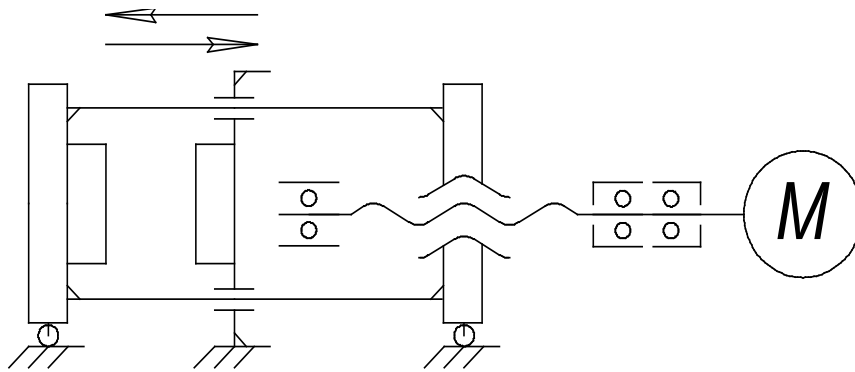


Рисунок. 5.3 - Електромеханічний привід.

Але в такому типі приводах виникають проблеми зі зміцненням. Крім того, потрібно здійснювати реверс двигуна. Тому для цього повинна бути закладена можливість реверсування або потрібно застосовувати електромагнітні муфти. В яких варіант пристроїв для двигуна реверсу використовуючи електромагнітні муфти які наводяться на малюнку

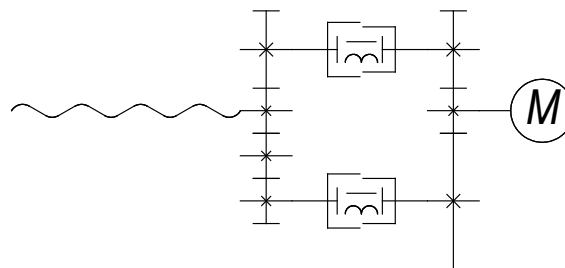


Рисунок. 5.4 - Схема реверсування двигуна.

З малюнка видно що, подібна схема вагомо збільшує габарити механізму та його вартість.

#### 5.1.4 Опис кінематичної схеми

Якщо врахувати відомий [5] аналіз механізмів, то буде складена наступна кінематика лінії.

Вузол змикання прес-форми налічує електромеханічний привід на основі гвинтового механізму. Дане рішення створить не тільки необхідність використання реверсивного двигуна, а й істотно знизить габаритні розміри та складність управління і експлуатації лінії.

Вузли витяжки та герметизації будуть повністю побудовані з використанням пневматики. Потім в цілому машина матиме простоту управління, та буде майже безшумною, буде спрощене обслуговування та підвищиться продуктивність. Разом з тим, використання пневматики спростить компоновку лінії.

Обертний момент з валу та електродвигуна буде передаватися на вал II за допомогою пасової передачі. Обертаючись вал II по ходовому гвинті починає переміщати каретки 3 та 7, які жорстко з'єднані між собою парами напрямних 4 та 5.

Відразу після змикання прес-форм відбувається наростання навантаження на двигун, внаслідок якого зростає струм якоря, та відбувається відключення двигуна. Внаслідок цього у поршневу порожнину циліндра Ц2 поступає повітря. Зі штоком циліндра жорстко поєднана балка 15, на котрій закріплені герметизатори 16. Вертикальне розміщення забезпечується направляючими 13 та 14.

Опісля герметизації заготовок в прес-формі повітря направляється в штокову порожнину циліндра Ц1. Траверса 9 закріплена на штоку. На неї кріпиться балка 10, на котрій встановлені бари 22 та 23.

Після здійснення операції видуву, всі дії здійснюються у зворотному порядку. Після того, для розмикання прес-форми проходить реверс двигуна М.

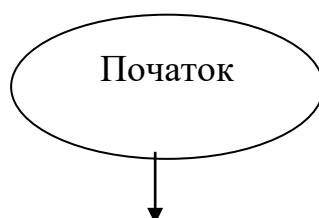
### **5.1.5 Програма для розрахунку параметрів дозатора мовою програмування FORTRAN**

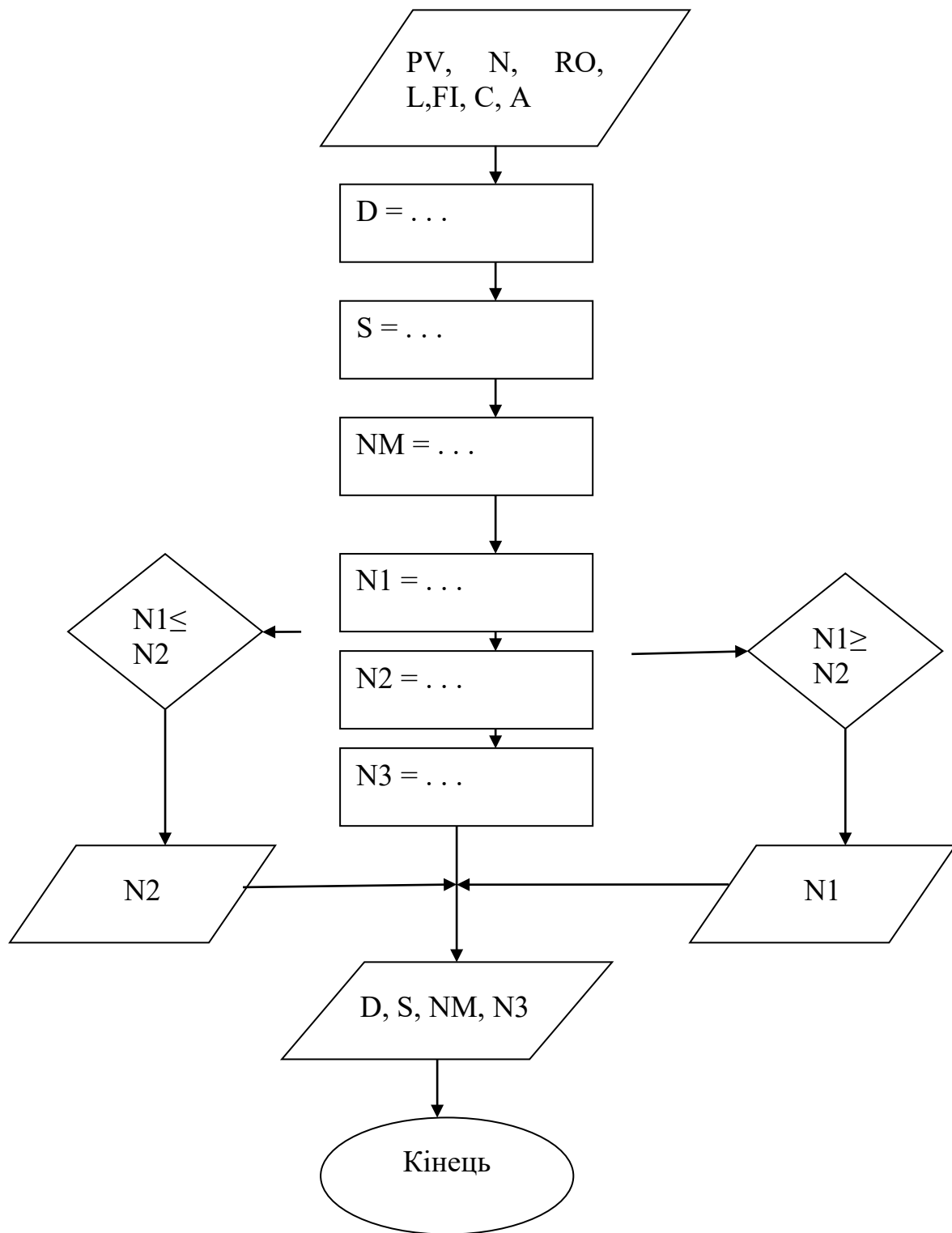
Щоб покращити швидкість роботи при розрахунках лінії, було розроблено програму розрахунків мовою FORTRAN. Використовуючи



таблицю ідентифікаторів, зображено текст основної програми та виконані розрахунки наводяться. Лістинг програми знаходиться нижче.

№ пп.	В записці	В програмі	Числове значення	Одиниця вимірювання	Кількість позицій	Запис в розділі
1.	$\Pi_v$	PV		$\text{м}^3/\text{год}$	F4.1	
2.	n	N	1	об/с	F4.1	1.
3.	$\rho$	RO	0,5	$\text{т}/\text{м}^3$	F4.1	.5
4.	L	L	0,5	м	F4.1	.5
5.	$\psi$	FI	0,4	-	F4.1	.4
6.	c	C	1,0	-	F4.1	1.
7.	S	S	вирахов.	м	F4.1	
8.	A	A	45	-	F4.1	45.
9.	$n_{\text{мб}}$	NM	вирахов.	об/хв	F4.1	
10.	$N_1$	N1	вирахов.	кВт	F4.1	
11.	$N_2$	N2	вирахов.	кВт	F4.1	
12.	$N_3$	N3	вирахов.	кВт	F4.1	
13.	D	D	вирахов.	м	F4.1	
14.	W	W	4,0	-	F4.1	4.
15.	k	K	0,8	-	F4.1	.8
16.	$\varepsilon$	E		-	F4.1	
17.	$\eta$	KKD	0,85	-	F4.1	.85





Блок – схема алгоритму програми

Текст програми:

WRITE (6, 5)

5     FORMAT ( "Введіть дані:  $P_v$ ,  $n$ ,  $\rho$ ,  $L$ ,  $\psi$  с,  $A$  ?")

```

      READ (5, 10) PV, N, RO, L, FI, C, A
10    FORMAT (4F4.1, 1F4.1, 0.F4.1, 3.F4.1, 0.F4.1, 2.F3.0)
C      Виведення на екран введених даних
      WRITE (6, 15) PV, N, RO, L, FI, C, A
15    FORMAT (2x, "PV = ", F5.2, "N = ", F5.2, "RO = ", F5.2, "L = ", F5.2, "FI
      = ", &F5.2, "C = ", F5.2, "A = ", F5.2)
C      Розрахунки
      D=(PV/(FI*C*N))**.5
      S=D
      NM=A/(D**.5)
      N1=(PV*RO*L*W)/367.
      N2=(3*.001*(PV*RO*L*W))/(1000.*K)
      N3=(E*C*PV*RO*L)+((PV*RO)/(367*KKD))
      IF (N1. .N2) 20, 40, 60
C      Порівняння значень потужності, вибір більшої за значенням
20    WRITE (6, 30) N1
30    FORMAT (2x, "N1 більше N2, вибираємо N1 = ", F4.1)
      IF (N2. N1) 40, 20, 60
40    WRITE (6, 50) N2
50    FORMAT (2x, "N2 більше N1, вибираємо N2 = ", F4.1)
C      Виведення результатів розрахунків на екран
60    WRITE (6, 70) D, S, NM, N3
70    FORMAT (2x, "D =", F4.1, "S =", F4.1, "NM =", F4.1, "N3 =", F4.1)
      END

```

## 5.2 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ

### 5.2.1 Проектування та розрахунок пружини

Означемо та розрахуємо напруження та деформації при осьовому розтягу та стиску циліндричної пружини, навитої з прутка круглого перетину діаметра  $d$  (Рис. 2.2а). За конструкцією пружини розтягування та стиснення відрізняються оформленням їх закінчень, але кінцеві витки при розрахунку пружин на міцність та жорсткість до уваги не приймаються. Найбільш поширені в техніці є пружини з малим кутом підйому гвинтової лінії ( $\alpha < 5^\circ$ ), так звані пружини малого кроку. Використовуючи ці пружини у них можна нехтувати підйомом витків та розраховувати довжину витка яка приблизно рівна  $\pi D$ , а сам виток буде розташований на площині, нормальній до вісі пружини. І в такому випадку, перетин прутка пружини площиною, яка містить її вісь, потрібно розглядати як її поперечний переріз. Розділили пружину вісьовим перетином на дві частини та відкинемо, одну частину. З умови рівноваги частини, яка залишилася (Рис. 2.2б) маємо, що внутрішні дотичні сили пружності на перетині пружини проводяться для переріза для сили  $Q = P$  та моменту  $M_k = PD/2$ . Дотичні напруження, які викликані крутним моментом, досягають максимуму по границі контурних точок перетину. У точці А контуру по перетину сумарні дотичні напруги, як видно з рис. 3.8, мають найбільшу величину при

$$\tau_{max} = \tau_M + \tau_Q = \frac{M}{W} + \frac{Q}{F} = \frac{8PD}{\pi d^3} + \frac{4P}{\pi d^2}$$

або

$$\tau_{max} = \frac{8PD}{\pi d^3} \left( 1 + \frac{d}{2D} \right)$$

Для більшої кількості пружин відношення  $d/2D$  - мала в порівнянні з одиницею. Що говорить про те, що основним видом деформації для циліндричної пружини є кручення, зрізом можна знехтувати та розраховувати напруження в пружині по формулі

$$\tau_{max} = \frac{8PD}{\pi d^3}$$

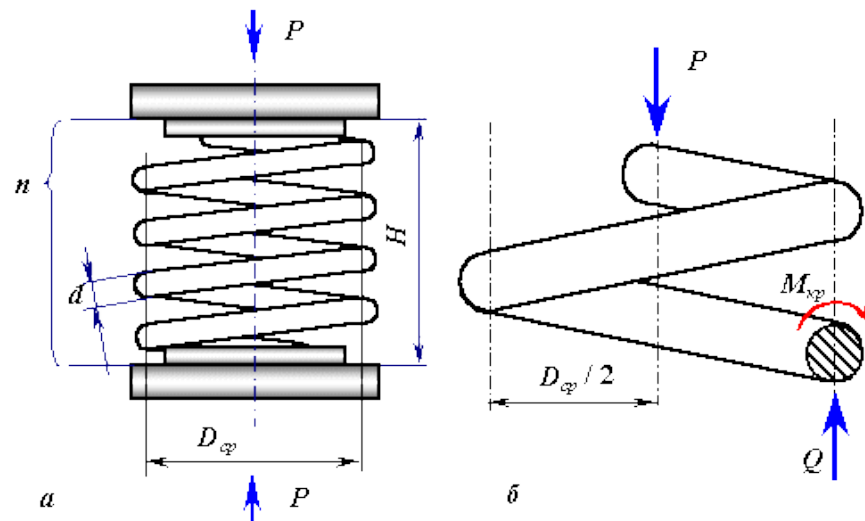


Рисунок 5.5 - Осьовий розтяг та стиск пружини циліндричної

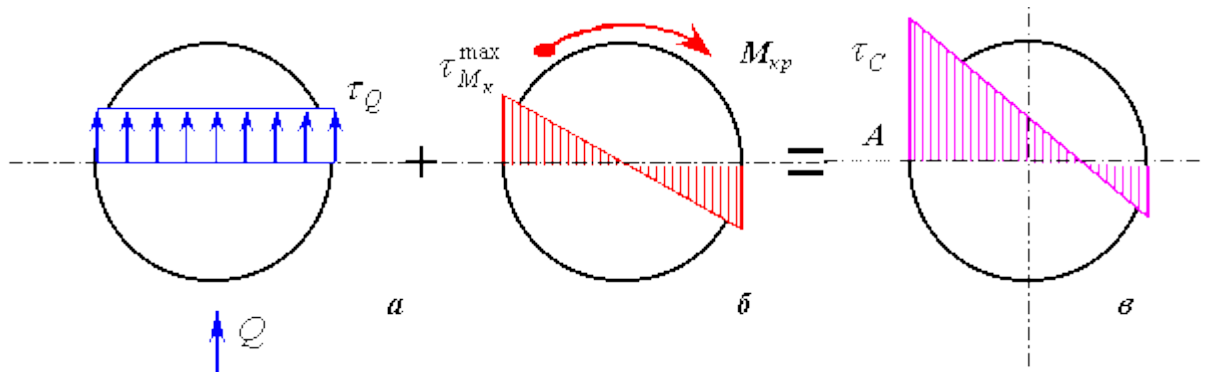


Рисунок 5.6 - Схема напружень, які діють на циліндричну пружину.

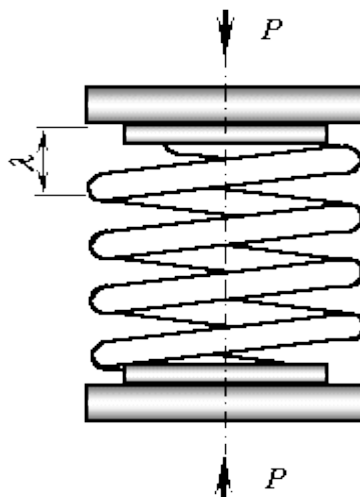


Рисунок 5.7 - Зміна продольних розмірів та витків циліндричної пружини.

Зміна габаритних розмірів або значення стиснення всіх витків пружини  $\lambda$  (рис. 5.3) що зручно визначити енергетичним методом, потрібно прирівняти роботу  $A$  статично прикладеної сили  $P$  до потенційної енергії деформації  $U$  пружини. Вся робота зовнішніх сил  $A = P\lambda/2$ , і потенційна енергія накопичується, основним чином, за рахунок кручення прутка та й тому може бути обчислена. Якщо врахувати, що крутить  $M_k = PD / 2$  та момент інерції  $I_\rho = \pi d^4 / 32$  довжини прутка не змінюються, а довжина прутка  $l = \pi dn$ , тоді отримуємо

$$U = \frac{M_k^2 l}{2GI_\rho} = \frac{4PD^3 n}{Gd^4}$$

Прирівняємо  $A$  та  $U$ , і знайдемо

$$\lambda = \frac{8PD^3 n}{Gd^4}$$

Для пружин стиснення, дана залежність справедлива тільки до повного обтиску пружини, тобто до зтиснення її витків. Визначення кількості працюючих витків пружини за умови збереження стійкості її поздовжньої вісі:

$$i_{n1\text{раб}} \lambda = (2 \dots 4) 0,5 H_{\max}$$

тому

$$H_{\max} = 2000 \dots 6000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Отримане значення округлимо до цілого числа.

## 5.2.2 Розрахунок діаметру направляючих литтєвої машини

Як стало видно з розрахункової схеми, сила, що діє на напрямні, має дві

складові. тому  $Q = Q_1 + Q_2$ ,

$Q_1$  – це зусилля при змиканні прес-форми;

$Q_2$  – це технологічне зусилля при роздуву цієї заготовки.

Потрібно визначити величину кожної складової навантаження. Зусилля яке відбувається при змиканні прес-форми буде дорівнюватиме осьовому зусиллю гвинта: тому  $Q_1 = 9,09 \cdot 10^3 \text{ кгс} = 9,09 \cdot 10^4 \text{ Н}$ .

Тепер визначимо  $Q_2$ :

$$Q_2 = p_0 \cdot F_2,$$

$p_0$  – це тиск роздуву;

$F_2$  – це площа поперечного перетину тари. Для тари 1 л отримаємо:

$$F_2 = d \cdot h = 0,054 \cdot 0,19 = 0,00119 \text{ м}^2.$$

Тоді, отримаємо:

$$Q_2 = 1 \cdot 10^6 \cdot 0,00119 = 1,19 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Потім

$$Q = Q_1 + Q_2 = 9,09 \cdot 10^4 + 1,19 \cdot 10^3 = 8,24 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Визначивши мінімальний діаметр стрижня напрямної (для простоти розрахунку розрахунку не враховуючи наявності різьби).

Візьмемо коефіцієнт запасу  $k = 3$ .

Якщо стрижень виготовлений із сталі то межа міцності  $\sigma_B = 120 \text{ кгс/мм}^2$ .

Тоді допустиме напруження може бути прийнято рівним до  $[\sigma] = \frac{\sigma_B}{k} =$

$$0,3\sigma_B = 120 \cdot 0,3 = 36 \text{ кгс/мм}^2 = 3600 \text{ кгс/см}^2.$$

Навантаження, яке припадає на один стрижень, буде дорівнювати даному

$$Q' = \frac{Q}{4} = \frac{9,26 \cdot 10^4}{4} = 2,315 \cdot 10^4 \text{ Н} = 3,025 \cdot 10^3 \text{ кгс}.$$

Потрібна площа при такому навантаженні буде дорівнювати даній

$$F \geq \frac{Q'}{[\sigma]} = \frac{2,315 \cdot 10^3}{3600} = 0,613 \text{ см}^2.$$

Діаметр стрижня визначається за умови

$$\frac{\pi d^2}{4} = F \geq 0,64,$$

отже

$$d \geq \sqrt{\frac{0,64 \cdot 4}{\pi}} = 0,9 \text{ см}.$$

Приймемо діаметр  $d = 20 \text{ мм}$ .

### 5.2.3 Розрахунок циклічної міцності направляючих

При зміні навантаження повне напруження, яке виникає в місцях закріплення напрямних, які можна розділити на постійне

$$\sigma_m = \frac{Q_{зам} + \frac{Q_{\delta}}{2}}{A_{\delta}} [3]$$

та змінне з амплітудою

$$\sigma_a = \frac{Q_{\delta}/2}{A_{\delta}} [3],$$

$A_{\delta}$ - це площа перетину стержня;

$Q_{\delta}$ - це прирощення навантаження на стрижень, яке приймається

$$Q_{\delta} = (0,2 \dots 0,3) Q' [3];$$

$Q_{зам}$ - це значення зтяжки, яке приймається

$$Q_{зам} = K_{зам} \cdot Q' [3];$$

$K_{зам}$ - це коефіцієнт зтягування.

При змінному навантаженні  $K_{зам} = 3 [3]$ .

Тому, отримаємо

$$\sigma_m = \frac{3 \cdot 3,025 \cdot 10^4 + \frac{0,25 \cdot 3,025 \cdot 10^4}{2}}{\frac{\pi \cdot 0,2^2}{4}} = 2,92 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$\sigma_a = \frac{0,25 \cdot 3,025 \cdot 10^4 / 2}{\frac{\pi \cdot 0,2^2}{4}} = 0,973 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Запас міцності за змінними напруженням рахують за формулою

$$s = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot K_{\sigma} + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} [3],$$

де  $\sigma_{-1}$ - це межа витривалості матеріалу для стрижня, для сталі 45

$$\sigma_{-1} = 240 \cdot 10^6 \text{ Па} [3];$$

$K_{\sigma}$ - це ефективний коефіцієнт концентрації напружень в процесі різьблення, для вуглецевих сталей  $K_{\sigma} \approx 3,5 \dots 4,5 [3]$ ;

$\psi_{\sigma} \approx 0,1$ - це коефіцієнт чутливості до асиметрії циклу процесу [3].

Прийmemo для змінюваного навантаження, неконтрольованою зтяжки  $[s] = 3 [3]$ . Отже,

$$s = \frac{240 \cdot 10^6}{1,2 \cdot 10^5 \cdot 4,5 + 0,1 \cdot 3 \cdot 10^6} = 233 \geq [s].$$

Запас статичної міцності по плинності матеріалу перевіряють по Формулі

$$s_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{max} \frac{\sigma_T}{\sigma_m + \sigma_a}} [3],$$



де  $\sigma_T$ - це межа текучості матеріалу, для сталі 45

$$\sigma_T = 360 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Звідки маємо

$$s_T = \frac{360 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^6 + 1,2 \cdot 10^5} = 113,2 \geq [s_T],$$

де  $[s_T] = 4..2,5$  для різьби матеріал М16..М30.

### 5.3 РОЗРАХУНОК КОРПУСУ НА МІЦНІСТЬ.

Корпус литтєвої машини одночасно піддається діям:

- а) змінного по довжині гідростатичного тиску, що доходить перед преформою до 60 Мпа;
- б) термічної напруги від змінної по довжині температури стінок преформи;
- в) образивного тертя суміші, що переробляється;

Такі умови роботи корпусу вимагають застосування високоякісних сталей. Корпуси виготовляються в основному із сталі 35, а гільзи виконують із сталі 38 ХМЮА, які азотують до твердості 55...64HRC.

$\sigma_B = 360$  Мпа - межа міцності при розтягуванні

$\sigma_T = 320$  Мпа - межа текучості при розтягуванні

Залежно від величини сприймаючих навантажень товщина стінки корпусу для різних машин може бути відповідно, або товще, або тонше і залежно від співвідношення товщини стінки до діаметру, розраховується, як товстостінний або тонкостінний посуд.

$$\beta = \frac{D_H}{D_{BH}} = \frac{130}{63} > 1,5$$

При відношенні зовнішнього діаметру корпусу до внутрішнього, тобто товщина стінки перевищуватиме 10% внутрішнього діаметру корпусу. То при розрахунку міцності слід користуватися висновками теорії товстостінних посудів.

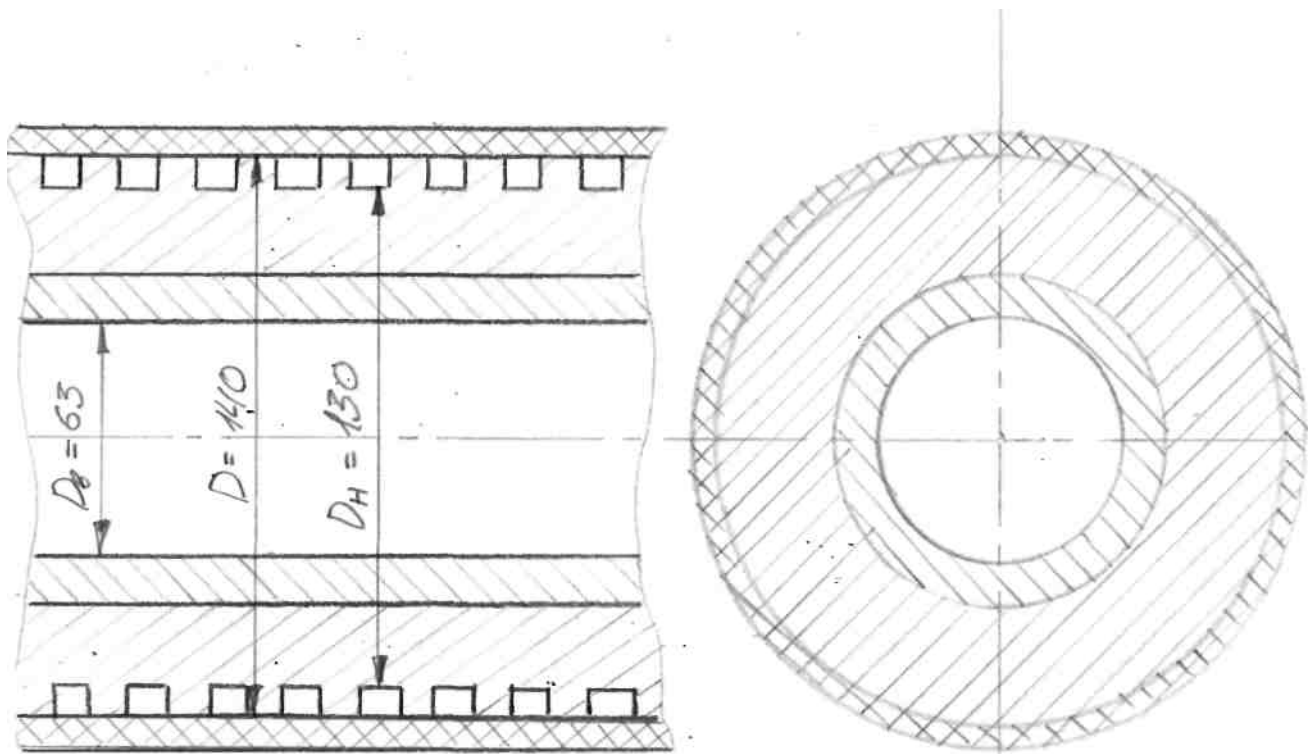


Рисунок.5.8 - Переріз сопла видуву

На корпус діють одночасно наступні основні силові чинники:

$P$  - внутрішній тиск,

$Q$  - осьове зусилля черв'яка,

$M$  - крутний момент,

$\sigma_t$  - температурна напруга.

Виділений елемент із стінки корпусу знаходиться в трьохосьовому напруженому стані.

Проведемо розрахунок корпусу на міцність, тільки від температурного перепаду.

Для литєвих машин характерні два теплові режими роботи

а) зовнішня поверхня корпусу охолоджується, тобто тепловий потік направлений від внутрішніх шарів до наружних ( $t_B > t_H$ );

б) зовнішня поверхня обігрівається, тобто тепловий потік направлений від зовнішньої стінки до внутрішньої ( $t_B < t_H$ );

Наявність температурних перепадів викликає поява температурної напруги. У даній машині обігрів корпусу зовнішній. Холодніші шари металу заважають розширюватися більш нагрітим, внаслідок чого гарячі шари корпусу виявляються стислими, а холодні розтягнутими. На поверхні шару, розташованого на довільному радіусі  $R$  виникає радіальна напруга  $\alpha_r$ , кільцеві  $\delta_t$  і аксіальна  $\delta_z$  напруга, які визначаються по формулах:

$$\sigma_r = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu) \cdot (R_1^2 - R_2^2) \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}} \cdot \left[ R_1 \cdot \ln \frac{R_1}{R} - R_2^2 \cdot \ln \frac{R_2}{R} + \frac{R_2^2 \cdot R_1^2}{R} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} \right],$$

$$\sigma_t = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu) \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}} \cdot \left[ R_2^2 \cdot \left( 1 - \ln \frac{R_2}{R} \right) - R_1^2 \cdot \left( 1 - \ln \frac{R_1}{R} \right) \frac{R_2^2 \cdot R_1^2}{R} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} \right],$$

$$\sigma_z = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu) \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}} \cdot \left[ R_2^2 \cdot \left( 1 - \ln \frac{R_2}{R} \right) - R_1^2 \cdot \left( 1 - \ln \frac{R_1}{R} \right) \right],$$

де:  $t_1$  - температура внутрішньої стінки,

$t_2$  - температура зовнішньої стінки,

$\alpha$ - коефіцієнт теплового розширення,

$E$  - модуль пружності,

$R_1$  - зовнішній радіус корпусу,

$R_2$  - внутрішній радіус корпусу,

$R$  - поточний радіус корпусу,

$\mu$  - коефіцієнт Пуансона.

Надаючи поточному радіусу значення  $R=R_1$  і  $R=R_2$  отримуємо остаточні формули для визначення температурної напруги.

На внутрішній поверхні:  $\sigma_r=0$ ,

$$\sigma_t = \sigma_z = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu)} \cdot \left[ \frac{1}{\ln \frac{R_2}{R_1}} - \frac{2 \cdot R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \right],$$

$$\begin{aligned} \sigma_t = \sigma_z &= \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 1 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - 215)}{2 \cdot (1 - 0.27)} \cdot \left[ \frac{1}{\ln \frac{0.065}{0.031}} - \frac{2 \cdot 0.065^2}{0.065^2 - 0.031^2} \right] \\ &= 25.06 \cdot 10^6 \text{Па} \end{aligned}$$

На зовнішній поверхні  $\delta_\kappa = 1$

$$\sigma_t = \sigma_z = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu)} \cdot \left[ \frac{1}{\ln \frac{R_2}{R_1}} - \frac{2 \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \right],$$

$$\begin{aligned} \sigma_t = \sigma_z &= \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 1 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - 215)}{2 \cdot (1 - 0.27)} \cdot \left[ \frac{1}{\ln \frac{0.065}{0.031}} - \frac{2 \cdot 0.031^2}{0.065^2 - 0.031^2} \right] \\ &= -15.82 \cdot 10^6 \text{Па} \end{aligned}$$

Характер напруги (стиснення або розтягування) визначається знаком величини напруги отриманого по вказаних вище формулах. Розтягування знак «+», стиснення знак «-».

Змінюючи значення поточного радіусу  $R$  в межах від  $R_1$  до  $R_2$  отримуємо епюру температурної напруги для зовнішнього обігріву:

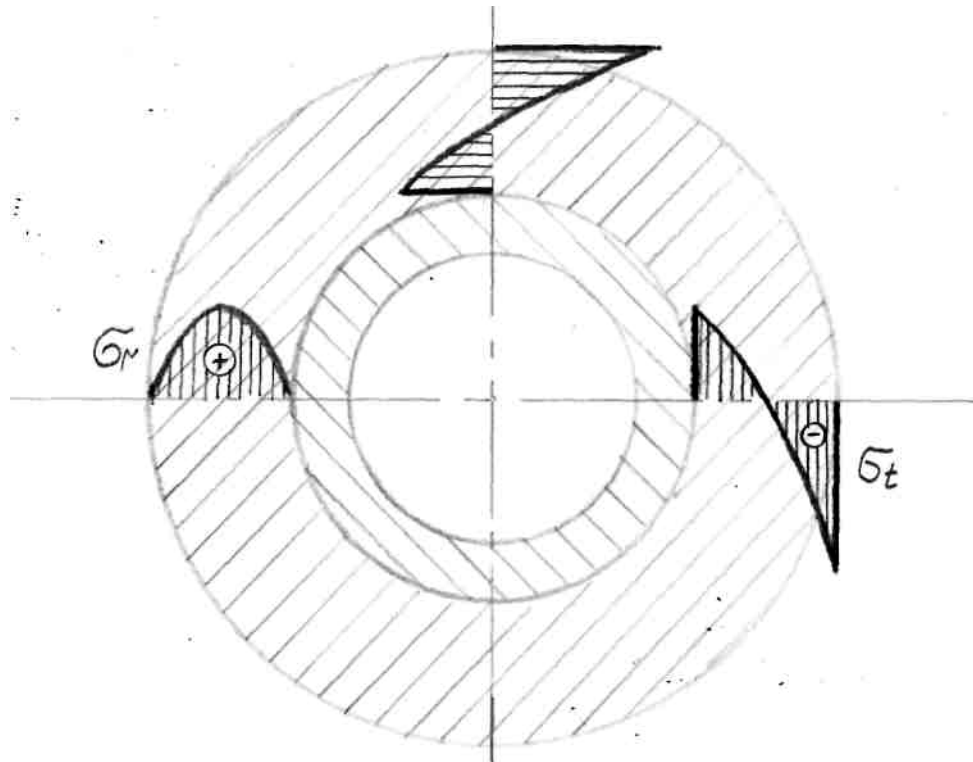


Рисунок. 5.9 – Рисунок температурної напруги для обігріву

Проведемо розрахунок корпусу на міцність тільки від внутрішнього тиску. Внутрішній тиск викликає в стінках корпусу три види напруги:

$\sigma_r$  - радіальна напруга стиснення,

$$\sigma_r = \frac{p \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \left( 1 - \frac{R_2^2}{R^2} \right)$$

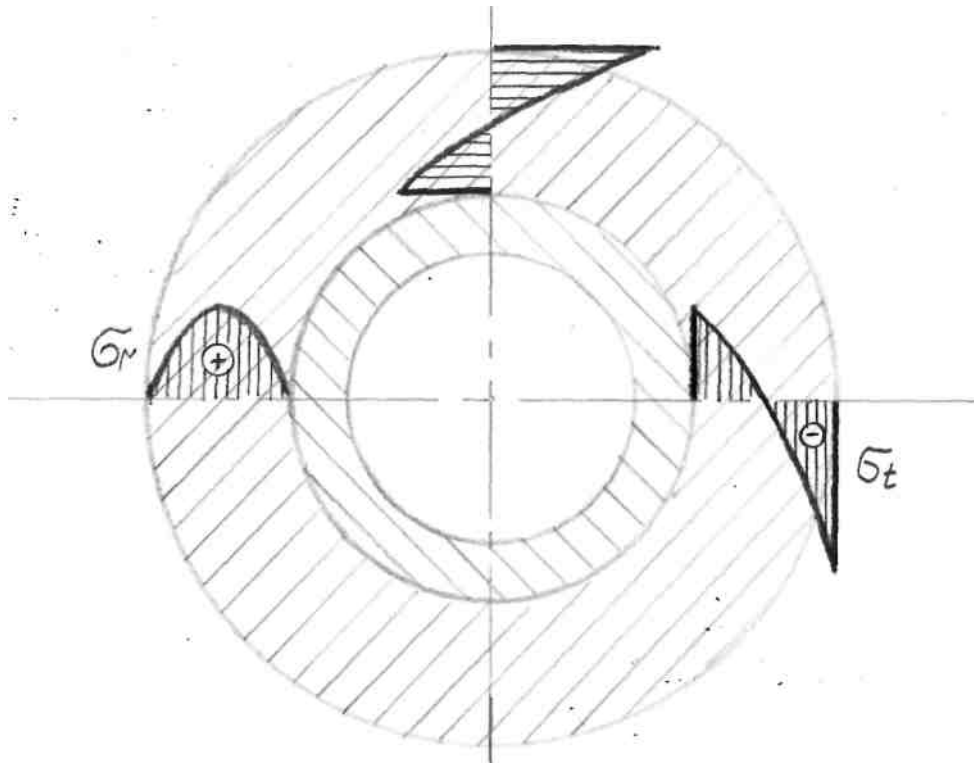


Рисунок. 5.10 – Рисунок напруги стиснення

Проведемо розрахунок корпусу на міцність тільки від внутрішнього тиску. Внутрішній тиск викликає в стінках корпусу три види напруги:

$\sigma_r$  - радіальна напруга стиснення:

$$\sigma_r = \frac{p \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \left(1 - \frac{R_2^2}{R^2}\right)$$

$\sigma_t$ -кільцева напруга розтягування:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \left(1 + \frac{R_2^2}{R^2}\right)$$

$\sigma_z$  - аксіальна напруга розтягування:

$$\sigma_z = \frac{Q}{\pi \cdot (R_2^2 - R_1^2)}$$

де:  $p$  - максимальний тиск в корпусі,

$R$  -поточний радіус корпусу,

$R_1$  - внутрішній радіус корпусу,

$R_2$  - зовнішній радіус корпусу,

$Q$  - осьове зусилля сопла видуву

$$Q = p \cdot \pi \cdot R_1^2 = 50 \cdot 10^6 \cdot 3.14 \cdot 0.031^2 = 150.9 \text{ кН}$$

Перша дві напруга мають змінну величину залежно від тиску даного елемента від осі корпусу.

Напруга, що діє на зовнішній поверхні:

$$\sigma_r = 0$$

$$\sigma_t = \frac{p \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 0.031^2}{0.065^2 - 0.031^2} = 29.4 \text{ МПа}$$

Напруга, що діє на внутрішній поверхні:

$$\sigma_t = p \cdot \frac{p_2^2 \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot (0.065^2 + 0.031^2)}{0.065^2 - 0.031^2} = 79.44 \text{ МПа}$$

Аксіальна напруга має постійну величину не залежну від значення поточного радіусу:

$$\sigma_z = \frac{4.8 \cdot 10^6}{3.14 \cdot (0.065^2 - 0.031^2)} = 14.7 \text{ МПа}$$

$$\sum \Sigma [\sigma_{don}] \sigma_{tmax} \ddot{i}$$

Товщина стінки корпусу визначається по формулі:

$$S = R_1 \cdot \left( \sqrt{\frac{\sigma_{don} + P}{\sigma_{don} - P}} - 1 \right) + C$$

де  $C$  - добавка на корозію,

$$S = 3.1 \cdot \left( \sqrt{\frac{120+50}{120-50}} - 1 \right) + 0.1 = 3.8 \text{ см.}$$

При зовнішньому обігріві радіальна напруга розтягуватиметься, причому максимальні значення їх розташовані на радіусі

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{\sqrt{R_1^2 - R_2^2}} \cdot \sqrt{2 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}} = \frac{6.5 \cdot 3.1}{\sqrt{6.5^2 - 3.1^2}} \cdot \sqrt{2 \cdot \ln \frac{6.5}{3.1}} = 4.02 \text{ см}$$

Сумарна напруга, що діє на стінки корпусу:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_1^2 + 4 \cdot \tau^2} \leq [\sigma_{дон}]$$

де:  $\sigma_1$  - максимальна напруга з вище розрахованих,

$\tau$  - максимальна дотична напруга

$$\tau = \frac{\frac{M_{кр}}{\pi}}{\frac{16 \cdot D_H \cdot (D_H^4 - D_{Hв}^4)}{16 \cdot 13 \cdot (13^4 - 6,3^4)}} = \frac{5922,3}{\frac{3,14}{16 \cdot 13 \cdot (13^4 - 6,3^4)}} = 14,53 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{екв} = \sqrt{79,44^2 + 4 \cdot 14,53^2} = 84,58 \text{ МПа.}$$

## 5.4 РОЗРАХУНОК ВИКОНАНИЙ ПРОГРАМНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ “ВЕСНА”

### Вибір розрахункової системи

Потрібна ефективність методу скінченних елементів, яка використовуються при розрахунку цієї задачі, що залежить від розміру матриці жорсткості та ширини її стрічки. Дані величини визначаються кількістю та порядком нумерації вузлів сіткової області, якою показана досліджувана конструкція.

Конструкція, яка розглядається, є симетричною, тому щоб звести до мінімуму часу розрахунку та розміру матриці жорсткості, потрібно розглянути тільки половину виробу, яка отримана шляхом його поділу вертикальною площиною на симетричні форми..

Командою 3DPOLY в шарі PLOS\_FRAG потрібно задати геометрію об'єкту. Створюємо новий проєкт.



Командою  викликаємо діалогове вікно:



Рисунок 5.11 Діалогове вікно

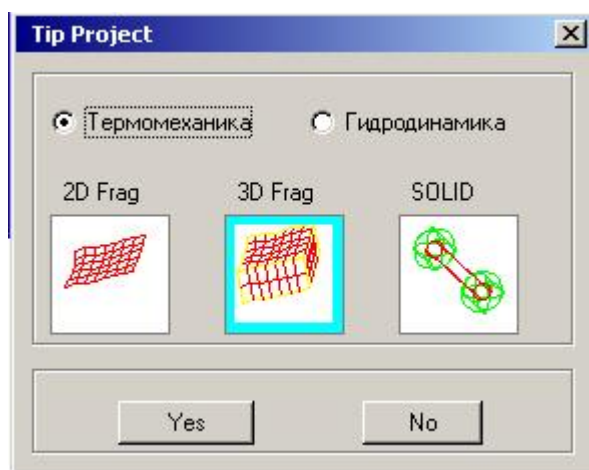


Рисунок 5.12 Вибір типу розрахунку

Використовуючи вікно «Вибір задачі» обираємо тип задачі «Осемметричную задачу», а також «Механіка».

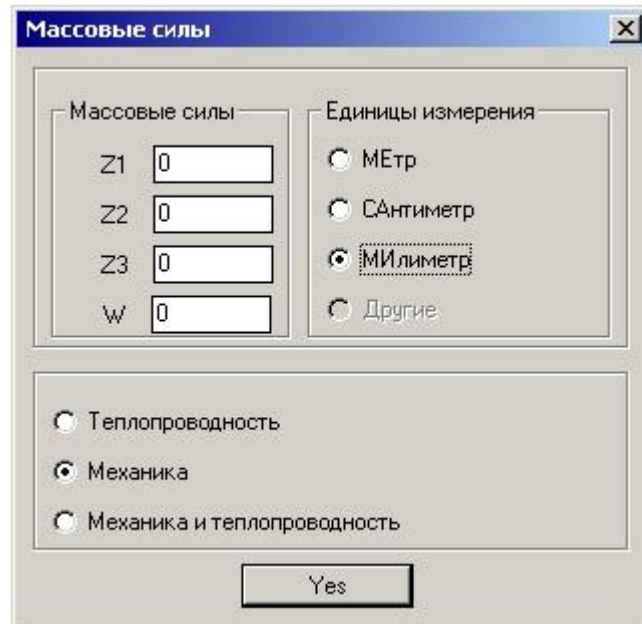


Рисунок 5.13 Вибір напрямку сил

Моделюємо конструкцію частини тари, в даному випадку ПЕТ-тари. Розбиваючи її на сегменти для кращого розрахунку.



Рисунок 5.14 – Конструкція моделі тари

Конструкція моделювалась за наступними фрагментами

Корпус: A1;A2;A3;A4;A5;A6;A7

Конструкція формується позовжньо

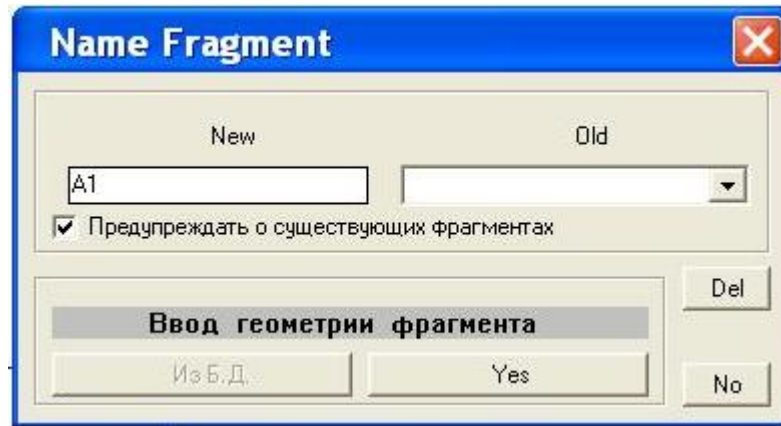


Рисунок 5.15 – Назва фрагменту

Вводимо назву фрагменту що дає можливість продовжити створювати полігональну модель конструкції;

- Вказати базову основну точку;
- Вектор  $X_1$  – це локальна вісь  $X_1$ );
- Вектор  $X_2$  - це локальна вісь  $X_2$ ).

Формуємо вектори напрямних

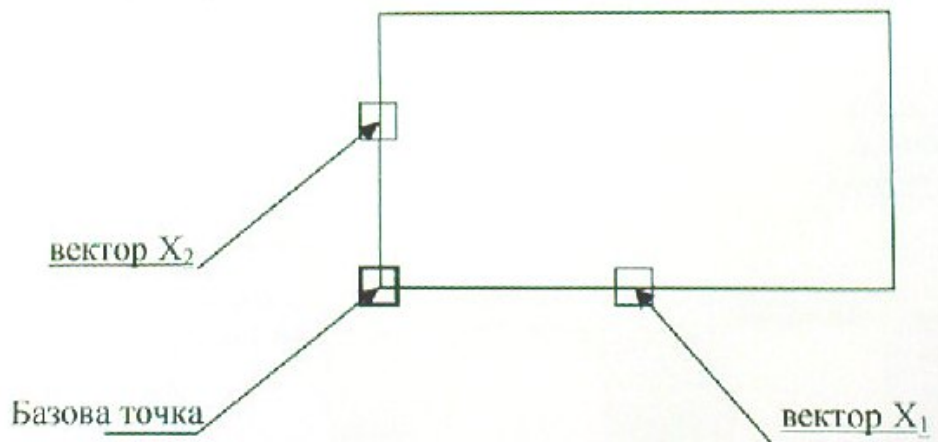


Рисунок 5.16 Вектори напрямних

Відбувається виділення фрагменту моделі

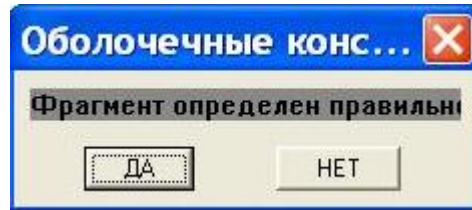


Рисунок 5.17 Вибір фрагмента розрахунку

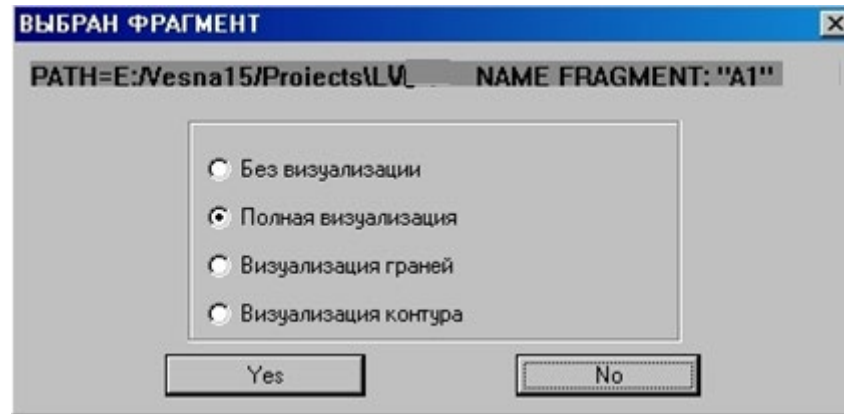


Рис. 5.18 Візуалізація моделі тари

Розбиваємо фрагменти на сітки, що дасть нам готову конструкцію з потрібним нам кроком розрахунку

Робимо закріплення на модель та навантажуємо його, редагуємо потрібний об'єкт та закріплюємо форму.

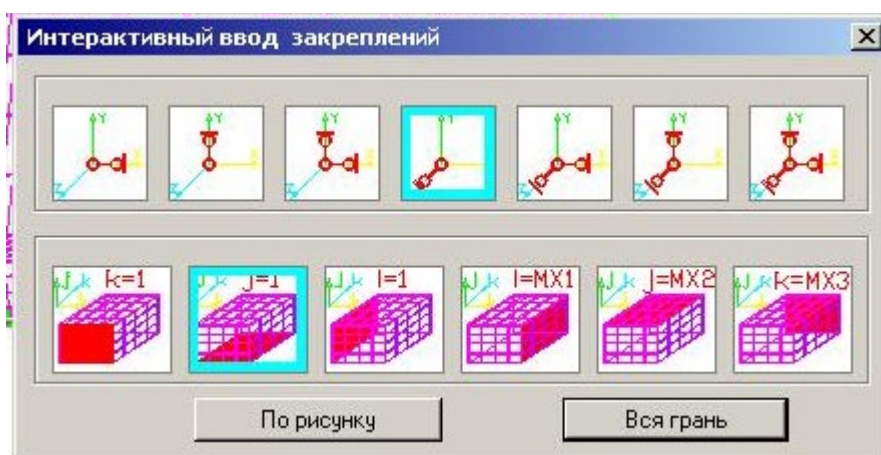


Рисунок 5.19 – Закріплення об'єкту

Розраховуємо об'єкт на напруження та переміщення

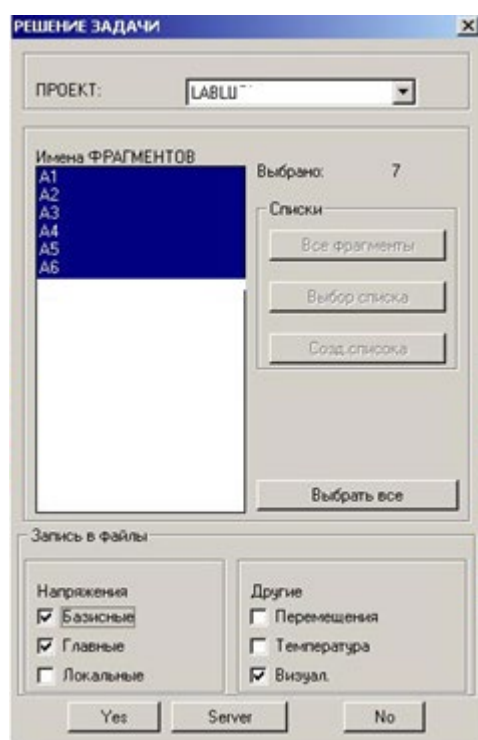


Рисунок 5.20 - Початкова та деформована схеми

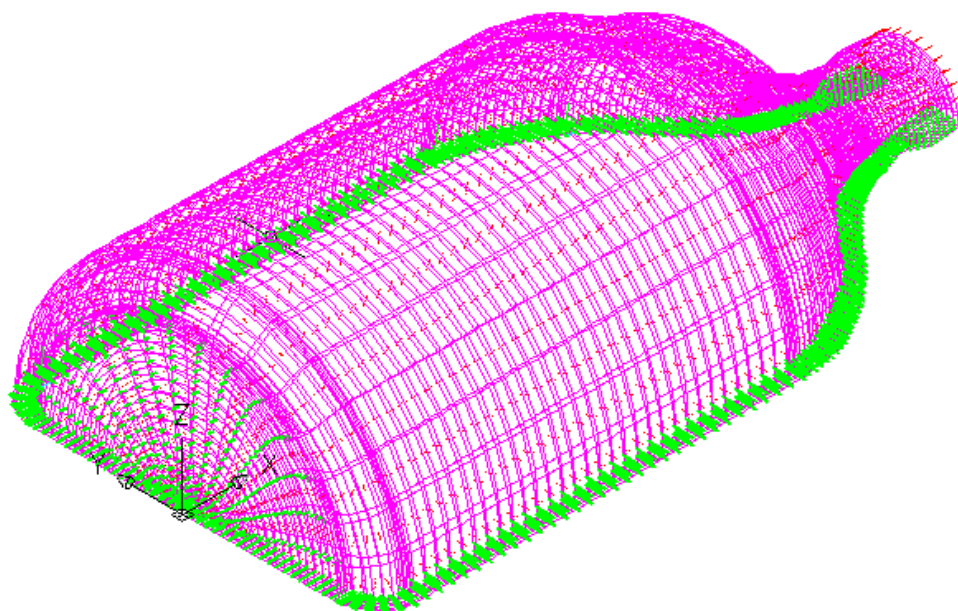


Рисунок 5.21 - Схема з закріпленнями та навантаженнями

## Аналіз результатів розрахунку тари

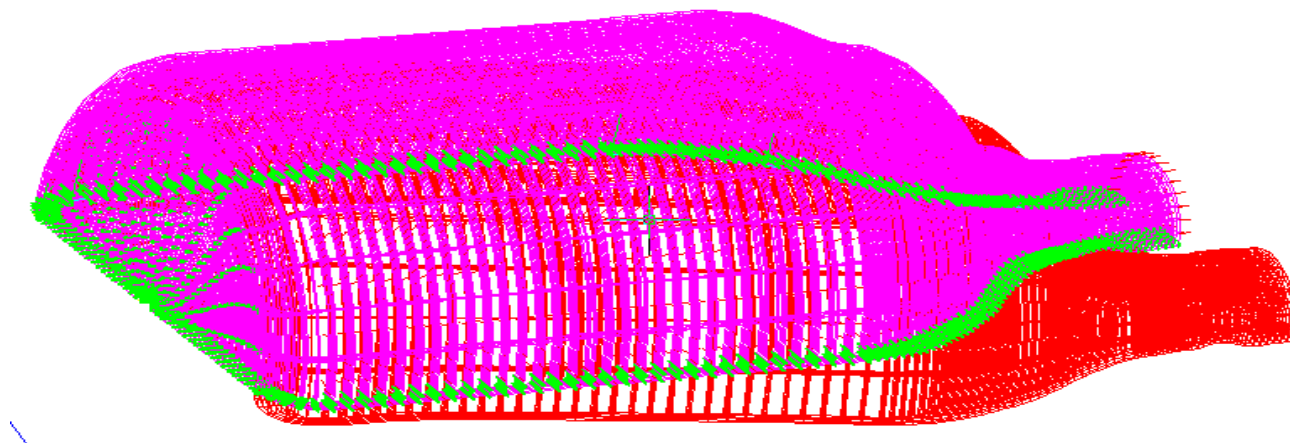


Рисунок 5.22 - Деформована схема.

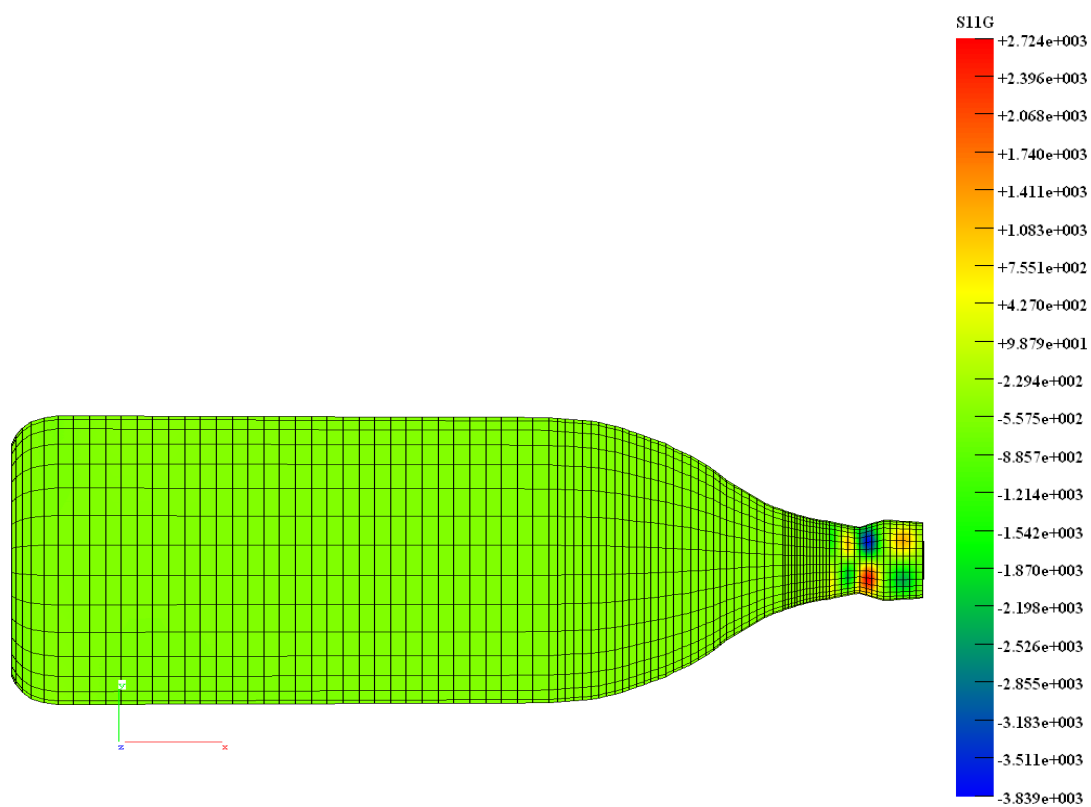


Рисунок 5. 23 – Схема напруження  $\sigma_{11}$

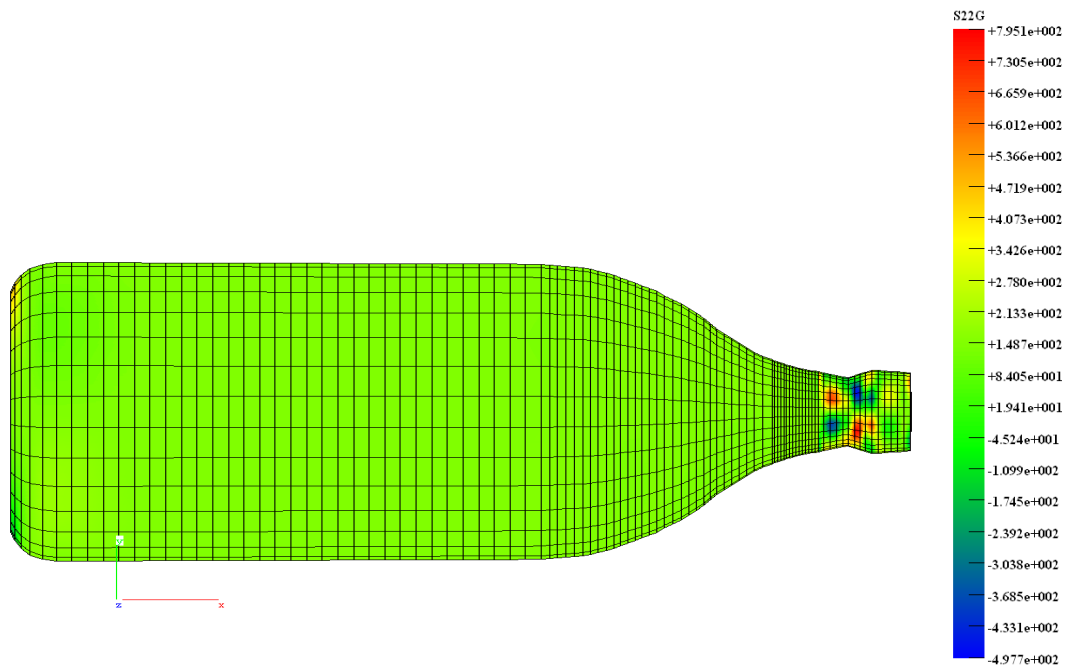


Рисунок 5.24 – Схема напруження  $\sigma_{22}$

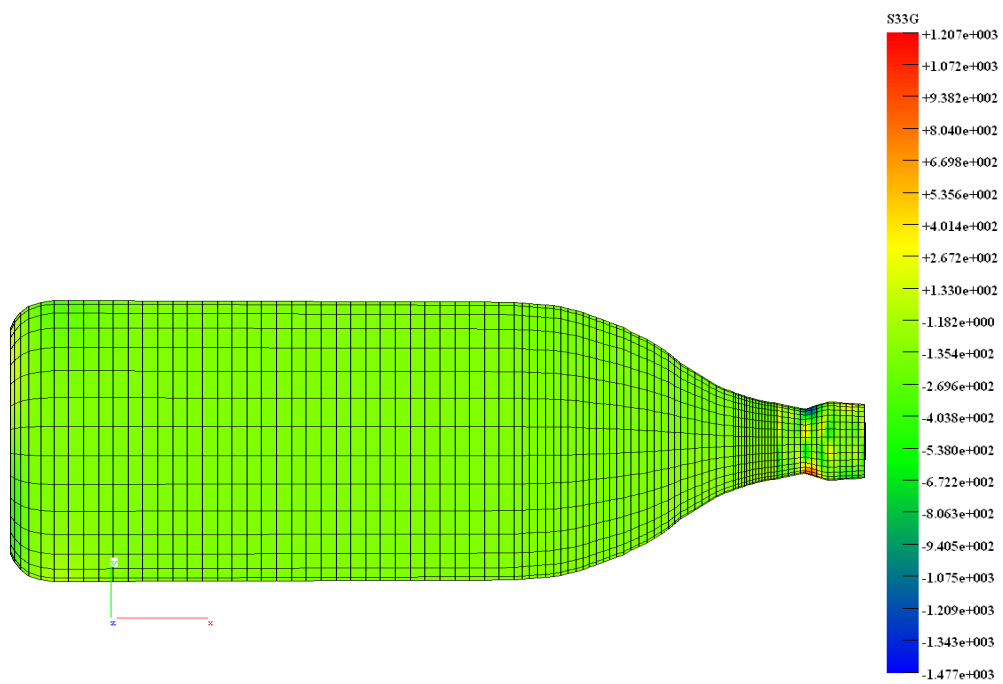


Рисунок 5.25 – Схема напруження  $\sigma_3$

# Розрахункові дані напруження

	сигма	сигма	сигма	
	11	22	33	г
	3,62E-	6,73E-	5,09E-	
1066	03	04	04	
	1,08E-	-	-1,25E-	
1067	03	1,71E-05	03	
	-	-	-3,94E-	
1068	6,51E-04	8,41E-04	03	
	3,77E-	9,38E-	6,34E-	
1069	03	04	04	
	9,73E-	-	-1,06E-	
1070	04	9,26E-06	03	
	-	-	-4,11E-	
1071	7,17E-04	1,01E-03	03	
	3,82E-	1,13E-	6,90E-	
1072	03	03	04	
	8,48E-	-	-7,10E-	
1073	04	2,42E-05	04	
	-	-	-3,87E-	
1074	6,83E-04	1,24E-03	03	
	3,25E-	1,11E-	3,72E-	
1075	03	03	04	
	2,10E-	-	-1,27E-	
1076	04	3,20E-04	03	
	-	-	-5,15E-	
1077	8,70E-04	1,82E-03	03	
	1,11E-	3,66E-	2,04E-	
1078	02	03	03	
	2,31E-	-	-1,16E-	
1079	03	4,85E-05	03	
	-	-	-1,00E-	
1080	1,55E-03	3,17E-03	02	



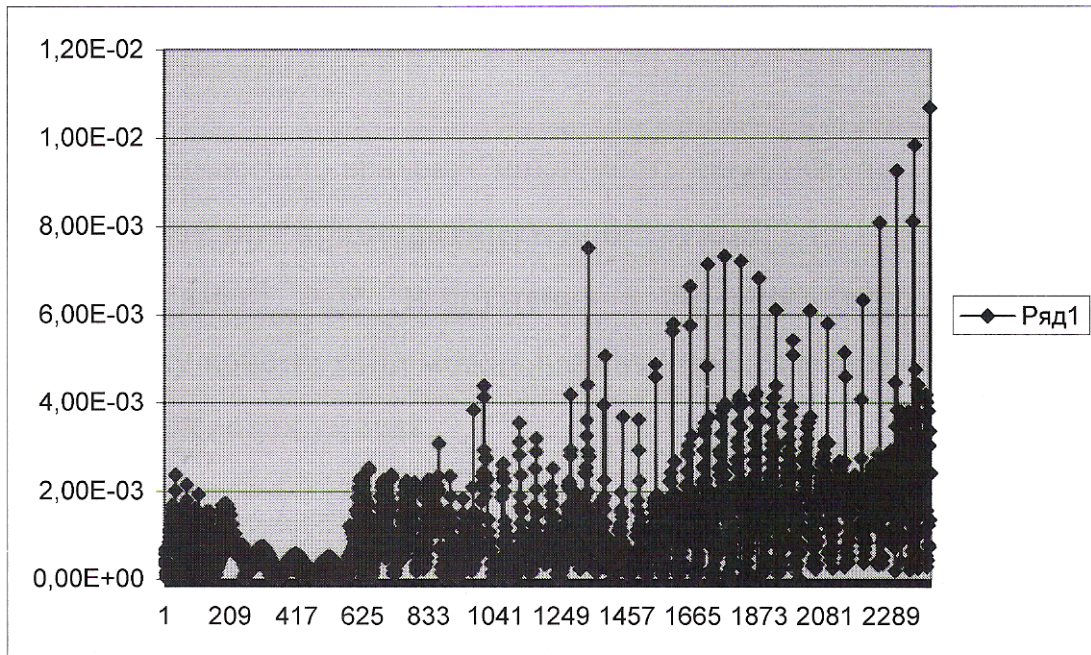


Рисунок 5.26 – Діаграма напружень

Отже, при умові , що горлишко тари має 30 вузлів через нанесену сітку, то до кожного вузла має було прикладене зусилля близько 25Н , яке сумарно складає 750 Н або 750 кг. Що за теорією Баландіна 750 кг є більш чим допустимим зусиллям для притискання, за умови границі міцності до 80 Н/мм<sup>2</sup>

### Розрахунок модернізації

Технічна продуктивність розливної лінії, бут/с.

$$\Pi_T = zn = \frac{z\omega}{2\pi},$$

де  $z$  — це кількість наповнюючих тар (розливних приладів).

$N$  - це частота обертання каруселі, с<sup>-1</sup>.

$\omega$  — це кутова швидкість каруселі рад/с.

Час одного оберту каруселі за секунду:

$$T = \frac{1}{n} = \frac{z}{\Pi_T}$$

Розрахункова потужність  $\Pi_r$ , пл/с

$$P_p = \frac{Z_H}{\tau_H},$$

де  $Z_H$  -це кількість приладів (підйомних столів), які одночасно працюють на наповнення тар,  $\tau_H$ — це час наповнення тари речовиною, с.

$$Z_H = \psi * z,$$

де  $\psi = Z_H/Z$  — це коефіцієнт використання працюючих позиції для розливних приладів, яка дорівнює відношенню кількості приладів, які одночасно працюють для наповнення, до загальної кількості приладів на каруселі. ( $\psi = 0,3 \dots 0,6$ ).

Час наповнення тари речовиною,

$$\tau_H = \frac{2Q}{\mu * f_{отв} \sqrt{2gH}},$$

де  $Q$  — це об'єм речовини в стакані дозатора,  $m^3$  ( $Q = 5 \cdot 10^{-4} m^3$ );

$\mu$  — це коефіцієнт витрат, який характеризує опір зливного тракту та фізичні властивості речовини, яка розливається ( $\mu = 0,4 \dots 0,7$ );

$f_{отв}$  — це площа вихідного отвору який наповнювача  $m^2$ .

$G=9,81 m/s^2$  — це прискорення вільного падіння;

$H$  — це висота стовпця речовини який дозованому стакані, м.

Час  $\tau_H$  — це найважливішим параметром розливних ліній і залежить від методу розливу та принципу дозування уречовини. Потужність розливної лінії є функцією часу наповнення тари речовиною, яка дорівнює часу проходження мірного стакану від дозатора.

Фактична виробничість  $P_f$ , пл/с,

$$P_f = \frac{z}{1,62 * \lambda * \tau_H},$$

де  $\lambda$  — це коефіцієнт запасу, яка вираховує неточні визначення та змінювання  $\tau_H$ , при фасуванні харчових речовин ( $\lambda = 1,4$ )

Коефіцієнтом використання технічної потужності розливного автомату є

$$\zeta = \frac{P_f}{P_T}$$

Енергія, що витрачається лінією, йде на перекочування роликів підйомних столиків по копіру та обертання каруселі автомата.

Опір  $P_1$  перекочування роликів по а горизонтальній ділянці копіру, Н,

$$P_1 = z_1 (G_1 + G_z) (2k + fd) / D,$$

$z_1$  — це число підйомних столиків, які одночасно переміщуються по горизонтальною ділянкою копіра;

$G_1$  — це потужність зжатої пружини, Н;

$G_2$  — це сила тяжіння штока та столика з підшипником, роликом та порожньої тари, Н;

$k$  — це коефіцієнт тертя кочення для ролика шарико-підшипника, м;

$k = 0,005$  м;  $f$  — це кутовий коефіцієнт тертя — для підшипника кочення ( $f = 0,015$ );  $d$  — це діаметр кола по центрах шариків для підшипника, м;  $D$  — це діаметр для шарико-підшипника, м.

Опір  $P_2$  по ділянці підйому штоку зі урахуванням кута підйому копіра, Н.с

$$P_2 = \left[ (G_1 + G_3) \sin \alpha + \cos \alpha \frac{2k + fd}{D} \right] \frac{1}{\cos \alpha}$$

$G_3$  — це сила тяжіння штока чи підшипника чи ролика та наповненої тари, Н;  $\alpha$  — це кут підйому копіра, град,  $\alpha = 45^\circ$

Де опір руху ролика по ділянці копіра з опусканням штока можливо знехтувати. Сумарний опір  $P$  руху всіх роликів, що одночасно знаходяться в контакті з копіром, Н,

$$P = P_1 + P_2 .$$

Потужність  $N_1$ , кВт, що витрачається для обертання каруселі без врахування на опір роликів

$$N_1 = 10^{-3} P v$$

$v$  — це лінійна швидкість для переміщення столиків, м/с. ( $v = \omega R$ ).

Потужність  $N_2$ , кВт, що витрачається для обертання каруселі без урахування на опір роликів.

$$N_2 = 10^{-3} G_4 f_B \pi d_1 \omega,$$

$G_4$  — це сила тяжіння основного валу з прикріпленими до нього деталями, Н;  $f_B$  — це кутовий коефіцієнт тертя-ковзання підшипника ( $f_B = 0,1$ );  $d_1$  — це діаметр кола за центрами шариків упорного підшипника для основного вала, м ( $d_1 = d$ );  $\omega$  — це кутова швидкість для обертання головного валу, рад/с.

Сумарна потужність  $N$  на основному валі розливного автомату, кВт,

$$N = (N_1 + N_2) / \eta_k,$$

$\eta_k$  — це ККД підшипників кочення ( $\eta_k = 0,98$ ).

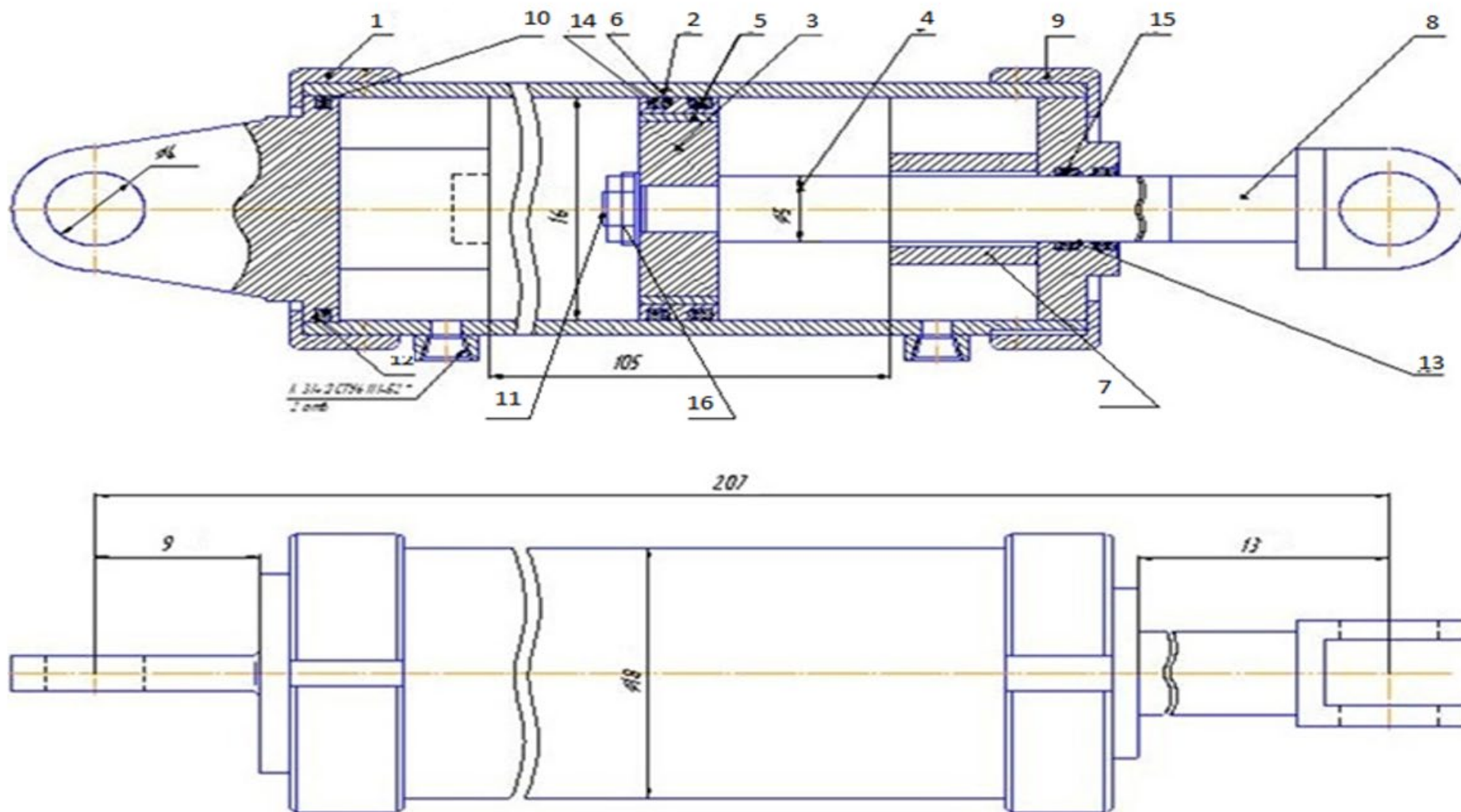
Потужність електродвигуна приладу для розливного автомату  $N_{дв}$ , кВт,

$$N_{дв} = K N / \eta_{пр},$$

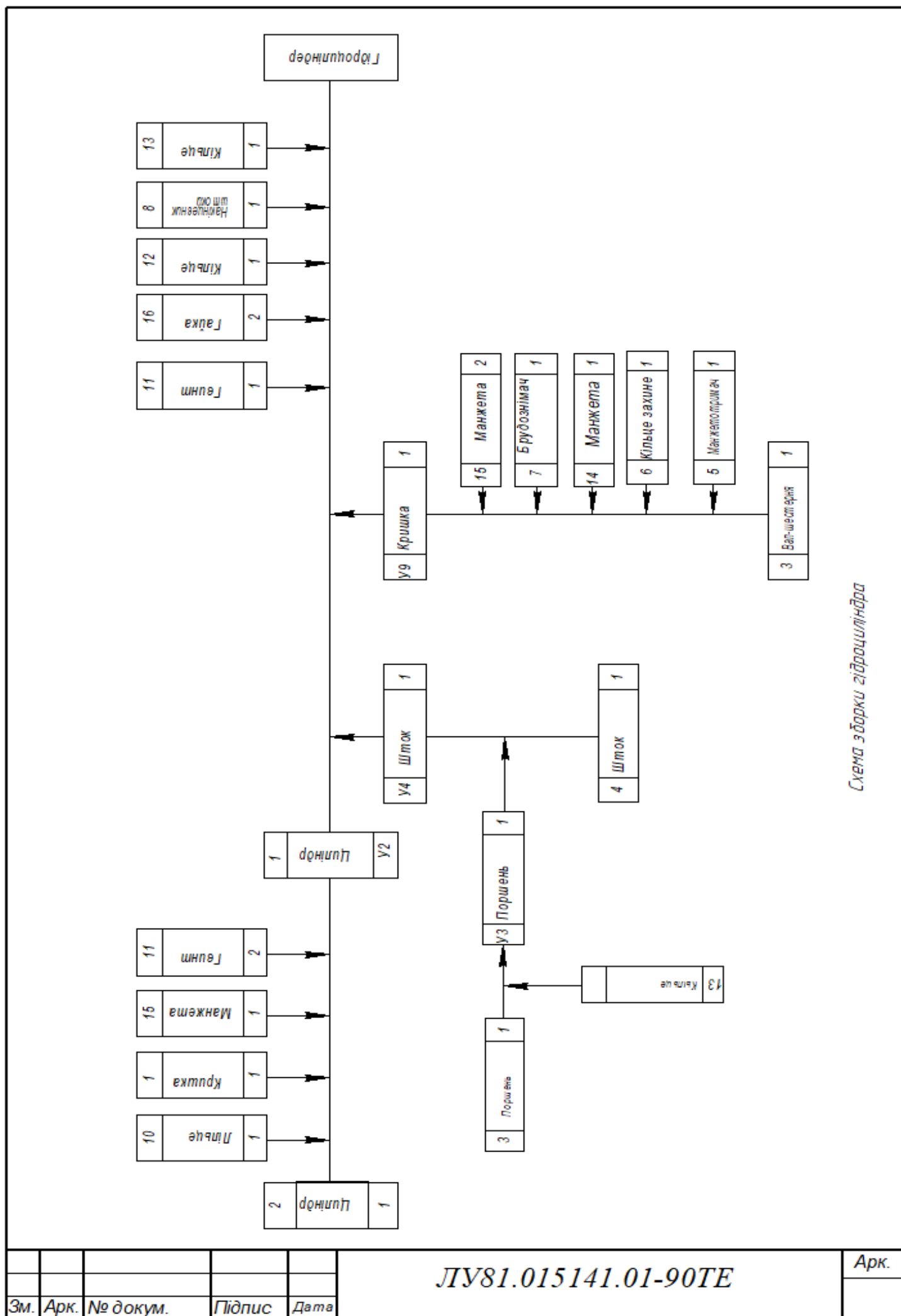
$K$  — це коефіцієнт пуску ( $K = 1,15$ );  $\eta_{пр}$  — це ККД приводу ( $\eta_{пр} = 0,8$ ). [1]

## 6 МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ СПИРТУ

### 6.1 Складання лінії



Ескіз гідроциліндра





[illegible]

Інв.№зубл.		Підпис і дата		Взам. інв.№		Інв.№зубл.		Підпис і дата						
				Операційна карта слюсарних, слюсарно-складських та електромонтажних робіт										
№ цеха	№ участка	№ операції	НАЙМЕНУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ							Обладнання (найменування, модель)				
			Збирання гідроциліндра											
№ операції	Зміст переходу							Технологічний режим	Кількість	Прийомлення (код та найменування)	Інструмент (код та найменування)	То, хв.		
1	На циліндр 2покласти манжети 15, потім кришку 1. Кріпити гвинтами 11.							Циліндр 2, манжета 15		Тиски	Ключ	1		
	На циліндр надіти кільце 12.							Кришка 1, гвинт 11.				1		
2	На поршень 3 надіти кільце 13.							Поршень 3		Тиски		1		
								Кільце 13		прокладка		1		
3	На шток 4 надіти поршень у зборі							Шток 4		Тиски	Ключ	1		
4	Шток в зборі встановити в циліндр													
5	У кришку 9 встановити манжетотримач 5, а потім кільце захисне 13,							Кришка 9		Тиски	Ключ	1		
	манжету 14, брудознімач 7, манжету 15							Манжетотримач 5				1		
								Манжети 14,15				2		
								Брудознімач 7				1		
										Розроб.	Башловка			Арк.
										Перевір.	Борщик			
										Керівник	Шаповал			
														Аркуші
	Вим.	Аркуш	№документа	Підпис	Дата	Вим.	Аркуш	№документа	Підпис	Дата	Н.Контр.			

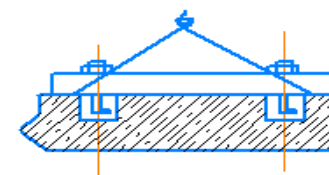
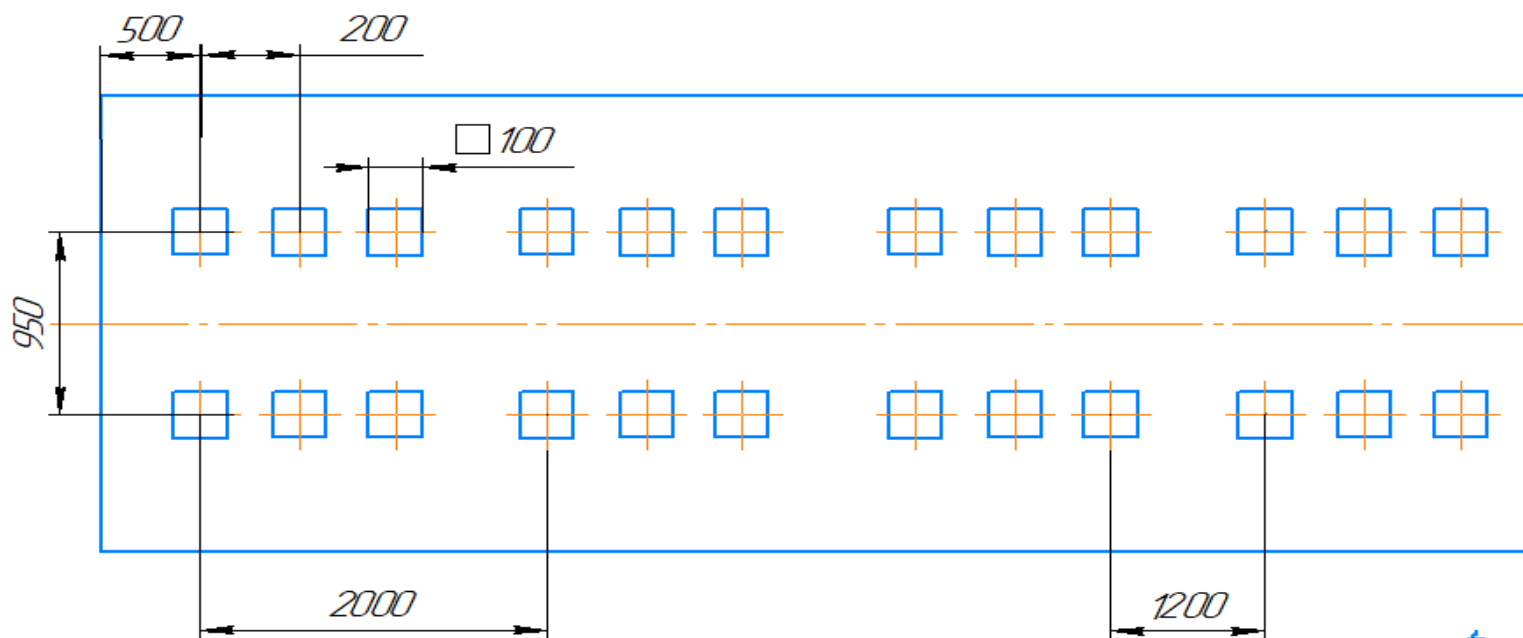


[illegible]

## 6.2 Монтаж на фундаменті

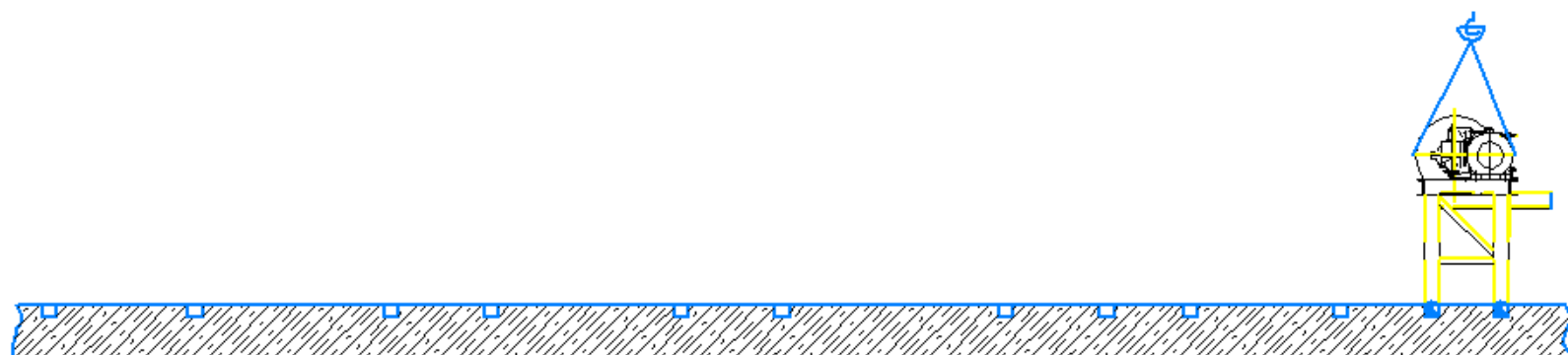
Розроб	Башлабка				
Перевір	Барщик				

План-схема розміщення фундаментних болтів



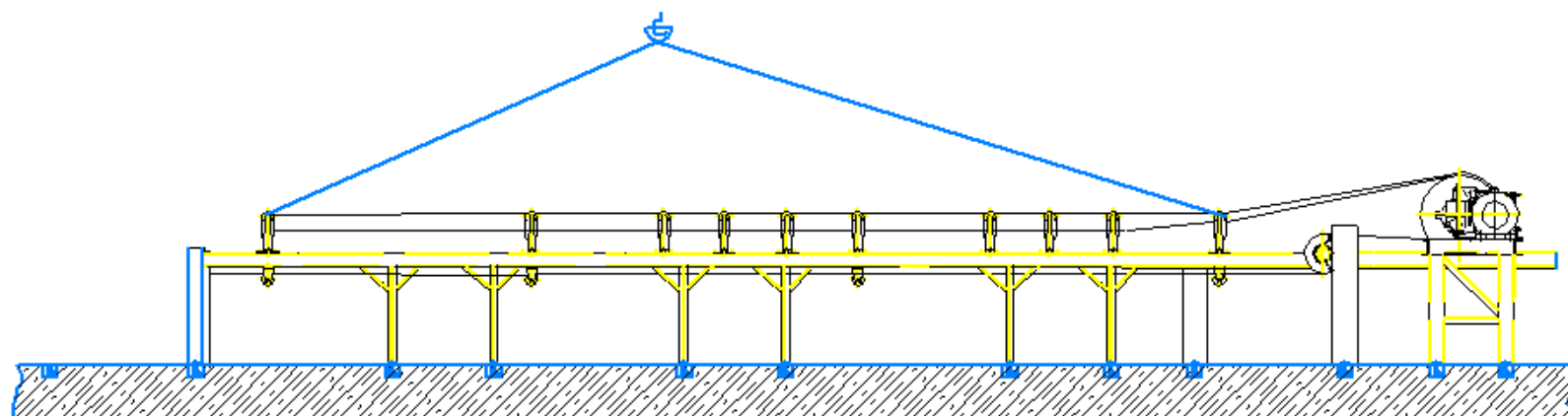
Розроб	Башлабка		Карта ескізів монтажу
Перевір	Барщик		
Керівник	Шаповал		


1

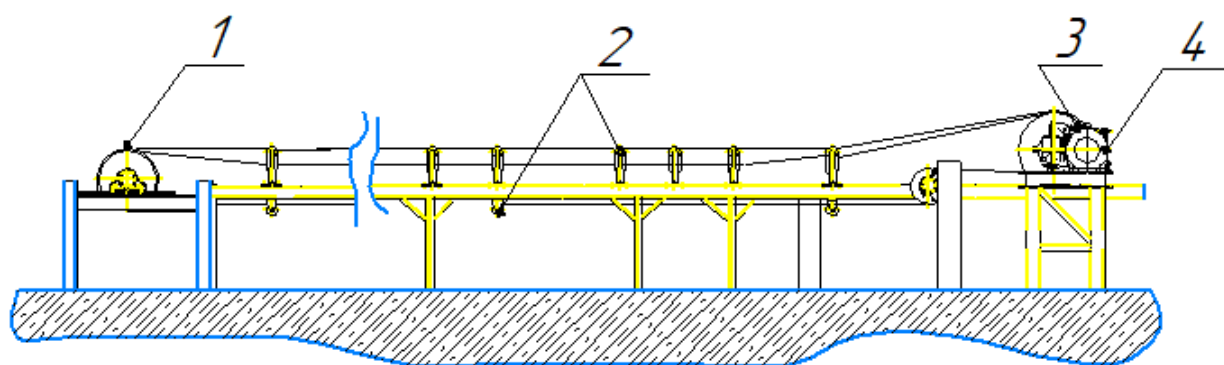


Розроб	Башловка		Карта ескізів монтажу
Перевір	Барщик		
Керівник	Шаповал		


2



በፊት ለፊት የሚገኝ ሲሆን



КОМПАС-3D v18.1 Номе © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Инб. № подл.	Подп. и дата	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

### Схема змащення конвеєра

Лист

Не для коммерческого использования

*Копировал*

Формат А4

Таблиця змащення

Найменування і позначення виробу, механізму. Номера позицій на малюнку	Найменування змазочних матеріалів	Кількість точок змащення	Спосіб змащення	Періодичність перевірки змащення і заміни змазки
1. Підшипники станції натягування	Солідол синтетичний ГОСТ 4366-76	2	Набивка	Заміна мастила 1 раз на місяць
2. Ролики	Солідол синтетичний ГОСТ 4366-76	12	обмазка	Заміна мастила 1 раз на місяць
3. Підшипники електродвигуна	Солідол синтетичний ГОСТ 4366-76	2	Набивка	Заміна мастила 2 рази на рік
4. Редуктор	Мастило індустріальне И-30А ГОСТ 20799-88	4	Централізована. Від вузла змащування. Методом окунання і розприскування.	Заміна мастила 1 раз на місяць

## **7 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ СПИРТУ В ТАРИ**

### **7.1 Опис роботи лінії розливу спирту в тари**

Автоматизація виробництва – це процес, у якому функціональне управління та функцію контролю, які раніше виконувались людиною, передаються приладам та автоматичним пристроям. Автоматизація – це вектор розвитку сучасної промисловості, яке має генеральний напрям науково-технічного прогресу.

Ціль автоматизації виробництва спрямована на підвищення ефективності праці, для поліпшенні якості своєї продукції, та у створенні умов для оптимального використання всіх ресурсів на виробництві. Розрізняють різну автоматизацію виробництва: часткову, комплексну та повну.

### **7.2 Опис лінії для розливу спирту в тари з модернізацією закупорювального пристрою**

Преформи встановлюються оператором для пресформ видуву литтєвої машини 1 яка формує готову тару для фасування спирту. За допомогою роликового конвеєра 8, тари подаються в вертикальному вигляді, та за допомоги оператора, яка надає їм вертикальної орієнтації. Тара заходить за допомогою ротора в автомат розливу 2, де за допомогою насоса наливається спирт за обраної схеми розливу. Ротори переміщують тари які поступово переміщуються по колу та заповнюються спиртом, ротором виводиться заповнена тара на пластинчастий конвеєр 3, яка має обмежуючі направляючі, які можуть регулювати висоту і через це тара не падає та поступає до системи закупорювання 4, і потім через пристрій подачі кришечок маємо завідома правильно орієнтовані кришечки. Пристрій закупорювання герметизує тару, яка за допомогою проміжних конвеєрів та шнеків машин рухається до етикетувального автомату 5.

Два ротори лінії транспортують тару від вузла нанесення клею повз вузол етикетування по колу до вузла дооформлення етикетки, яка розрівнює та притискає етикетку до тари, та наноситься дата. Готова тара рухається з останньої технологічної операції до накопичувального столу 6, звідки вже оператор в ручному режимі формує групові пакування та транспортує їх до термоусаджувальної камери, де закінчується кінцеве групове пакування з 9 чи 12 тар, що залежить від потреб.

### **7.3 Апарати технологічної лінії**

1. Автомат видуву преформ;
2. Автомат для розливу;
3. Конвеєр пластинчастий;
4. Автомат закупорення;
5. Автомат для етикетування;
6. Стіл для накопичення тар;
7. Камера для термоусадження;
8. Роликовий конвеєр;

### **7.4 Операції технологічної лінії**

- 1 – видув тар;
- 2 – розлив спирту в тари;
- 3 – рух по пластинчастому конвеєру;
- 4 – закупорювання тар;
- 5 – етикетування тар та нанесення маркування;
- 6 – накопичування тар;
- 7 – пакування в термоусаджувальну плівку;
- 8 – рух роликовим конвеєром;



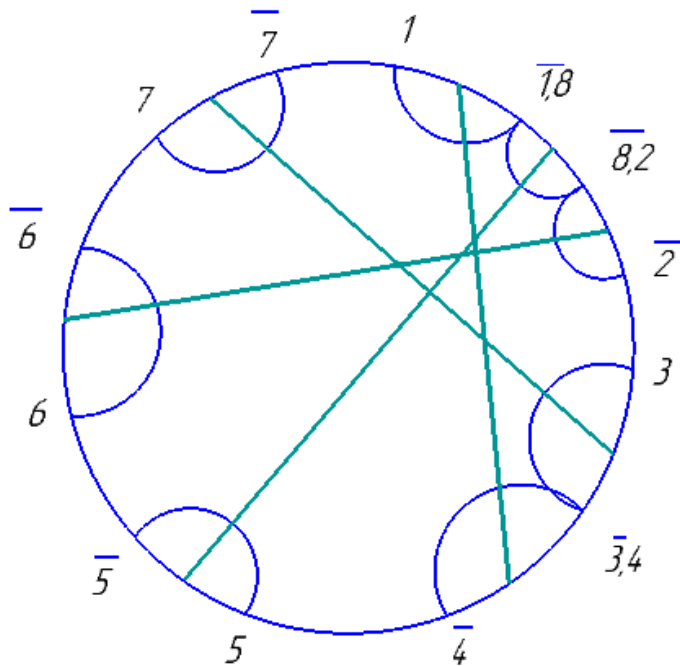
## Система 3-го класу складності

Система 3-го класу складності відрізняється тим , що в одному такті виконується дві або більше операцій.

### Робочий цикл лінії

Sst\*Simit – 1 – 1,8 – 8,2 – 2 – 3 – 3,4 – 4 – 5 – 5 – 6 – 6 – 7 – 7

### Графічна частина



### Керуючі команди для заданого циклу 3 класу:

Y1 <= XN7×XN12×XN9

YN1 <= X9

Y2 <= X10×XN11

Y3 <= XN2×X11×XN12

Y4 <= X12×X9

$YN4 \leq XN9$

$Y5 \leq XN4 \times XN9 \times X10$

$Y6 \leq XN5 \times XN10 \times X11$

$Y7 \leq XN6 \times XN11 \times X12$

$YN7 \leq XN12$

$Y8 \leq X9 \times XN10$

$YN8 \leq X10$

$Y9 \leq X1$

$YN9 \leq XN3 \times X4$

$Y10 \leq XN1 \times X8$

$YN10 \leq X5$

$Y11 \leq XN8 \times X2$

$YN11 \leq X6$

$Y12 \leq X3$

$YN12 \leq X7$

### **Функціональний модуль 1(ФМ1)**

Призначений для видуву тар. В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двохсторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

#### Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар(1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5\*С - +70\*С.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25мм.

Кількість – 1шт.

#### Позначення на схемі – 1.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 4 лінійний, 2 позиційний, моностабільний, з одностороннім електромагнітним керуванням.

Кількість – 1шт.

### Позначення на схемі – 1.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) використовуємо безконтактні ємнісні датчики.

Кількість – 1 шт.

Також на цей функціональний модуль встановлюємо реле по тиску, яке контролює тиск, під час видуву тар.

### Позначення на схемі – 1.2

## **Функціональний модуль 2(ФМ2)**

Призначений розливу спирту в тари. В якості виконавчого пристрою виступає поршневий, пневматичний циліндр двохсторонньої дії, одноштоковий.

### Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар(1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5\*С - +70\*С.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25мм.

Кількість – 1шт.

### Позначення на схемі – 2.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 4 лінійний, 2 позиційний, моностабільний, з одностороннім електромагнітним керуванням, та пружинним поверненням.

Кількість – 1шт.

### Позначення на схемі – 2.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) використовуємо безконтактні ємнісні датчики.

Кількість – 2 шт.

### **Функціональний модуль 3(ФМ3)**

Призначений для руху пляшок по конвеєру пластинчастого. . В якості виконавчого пристрою виступає пневматичний мотор, нереверсивний.

#### Технічні характеристики мотору:

максимальна частота обертання – 3000 об/хв.;

робоча температура -  $-5^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$ ;

діаметр вала – 9,52 мм;

максимальна потужність – 0,42 кВт;

кількість - 1 шт.;

#### Позначення на схемі – 3.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 4 лінійний, 2 позиційний, бістабільний, з двостороннім електромагнітним керуванням.

Кількість – 1шт.

#### Позначення на схемі – 3.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) використовуємо безконтактні ємнісні датчики.

Кількість – 1 шт.

В якості апаратів інформаційного рівня доцільно взяти реле по часу по включенню:

кількість – 1 шт.;

#### Позначення на схемі – 3.2

### **Функціональний модуль 4(ФМ4)**

Призначений для закупорювання тар. В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двохсторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

#### Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар(1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура  $-5^{\circ}\text{C} - +70^{\circ}\text{C}$ .

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25мм.

Кількість – 1шт.

Позначення на схемі – 4.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 4 лінійний, 2 позиційний, бістабільний, з двостороннім електромагнітним керуванням.

Кількість – 1шт.

Позначення на схемі – 4.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) використовуємо безконтактні ємнісні датчики.

Кількість – 1 шт.

Також на цей функціональний модуль встановлюємо реле по тиску, яке контролює тиск, під час закупорюванні пляшок.

Позначення на схемі – 4.2

Також на цей функціональний додатково встановлюємо регульований дросель зі зворотнім клапаном, для регулювання швидкості проходження повітря або газу.

Позначення на схемі – 4.3

**Функціональний модуль 5(ФМ5)**

Призначений для етикетування та маркування пакету. В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двохсторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар(1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5\*С - +70\*С.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25мм. Кількість – 1шт.

Позначення на схемі – 5.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 4 лінійний, 2 позиційний, бістабільний, з двостороннім електромагнітним керуванням.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 5.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) використовуємо безконтактні ємнісні датчики.

Кількість – 2 шт.

**Функціональний модуль 6(ФМ6)**

Призначений для подачі тар на накопичувальний стіл. В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двохсторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар(1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5\*С - +70\*С.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25мм.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 6.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 4 лінійний, 2 позиційний, моностабільний, з одностороннім електромагнітним керуванням.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 6.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) використовуємо безконтактні ємнісні датчики.

Кількість – 2 шт.

## **Функціональний модуль 7(ФМ7)**

Призначений для пакування тар в термоусаджувальну плівку. В якості виконавчого пристрою виступає пневмоциліндр двохсторонньої дії, поршневий, одноштоковий.

### Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар(1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5\*С - +70\*С.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25мм.

Кількість – 1шт.

### Позначення на схемі – 7.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 4 лінійний, 2 позиційний, моностабільний, з одностороннім електромагнітним керуванням.

Кількість – 1шт.

### Позначення на схемі – 7.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) використовуємо безконтактні ємнісні датчики.

Кількість – 2 шт.

## **Функціональний модуль 8(ФМ8)**

Призначений для руху пляшок по конвеєру. . В якості виконавчого пристрою виступає пневматичний мотор, нереверсивний.

### Технічні характеристики мотору:

максимальна частота обертання – 3000 об/хв.;

робоча температура - -5°С...+70°С;

діаметр вала – 9,52 мм;

максимальна потужність – 0,42 кВт;

кількість - 1 шт.;

Позначення на схемі – 8.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 4 лінійний, 2 позиційний, бістабільний, з двостороннім електромагнітним керуванням.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 8.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) використовуємо безконтактні ємнісні датчики.

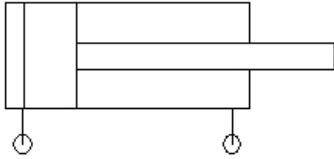
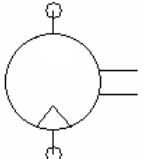
Кількість – 1 шт.

В якості апаратів інформаційного рівня доцільно взяти реле по часу по включенню:

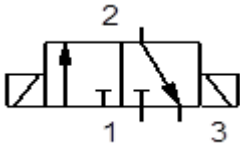
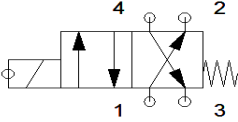
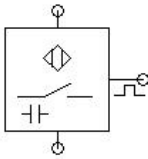
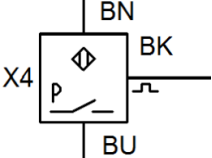
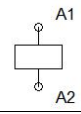
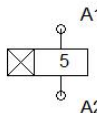
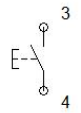

кількість – 1 шт.;

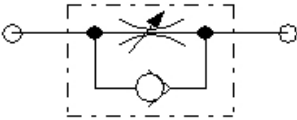
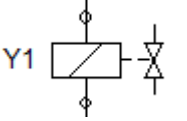
Позначення на схемі – 8.2

**9,10,11,12** – Елементи пам'яті. Використовуємо їх, для того щоб ліквідувати логічну невизначеність.

№	Назва	Схема позначення	Фірма виробник	Маркування	Кількість
1	Пневмоциліндр двосторонньої дії		“Pneumax”	1305.40.50.01 (ISO)	6
2	Пневматичний мотор нереверсивний		ЗАО “Инструмент-Рэнд”	MRV005CL	2



3	Розподільник 3-лінійний, 2-позиційний, бістабільний, з одностороннім електричним керуванням		“Festo”	315.11.00	4
4	Розподільник 4-лінійний, 2-позиційний, моностабільний, з одностороннім електричним керуванням та пружинним поверненням		“Festo”	305.M9	5
5	Ємнісний безконтактний датчик		"ТК ЭНЕРГО"	ВБЕ	12
6	Ємність датчика по тиску		“Festo”	ВБЕ	2
7	Реле		Rockwell Automation	E300	12
8	Реле часу по включенню		Schneider Electric	Zelio Time	2
9	Не фіксована кнопка		Wenzhou Xider Electric Co.	XB2-BS542	2
11	Реле тиску		“Festo”	PE- 1/8-2N	2

12	Регульований дросель і клапан		“Festo“	GRP-PK-3	1
13	Електромагнітн а котушка		Rockwell Automation	E300	12

Таблиця 7.1 – Перелік обладнання для автоматизації

#### Allocation list

I0.0	XN1
I0.1	X1
I0.2	XN2
I0.3	X2
I0.4	XN3
I0.5	XN4
I0.6	X4
I0.7	XN5
I0.8	X5
I0.9	XN6
I1.1	X6
I1.2	XN7
I1.3	X7
I1.4	XN8
I1.5	S1
I1.6	S2
O0.1	Y1
O0.2	YN1
O0.3	X2
O0.4	Y3
O0.5	Y4
O0.6	YN4
O0.7	Y5
O0.8	Y6
O0.9	Y7
O1.0	Y8
O1.1	YN8
F0.0	F9
F0.1	F10
F0.2	F11
F0.3	F12
F0.4	F1
F0.5	F2

F0.6	FS1
F0.7	FS2
	T1
	TP1
	T2
	TP2
	T3
	TP3

## Текст програми

```

STEP 00
IF      NOP
THEN    RESET F9
        RESET F10
        RESET F11
        RESET F12
        RESET F1
        RESET F2
        RESET T1
        RESET T2

LOAD V200
      TO TP1
LOAD V500
      TO TP2
LOAD V600
      TO TP3
      JMP TO 10

STEP 10
IF      N    T1
AND N    F1
THEN    SET T1
        SET F1

IF      N    T1
AND      F1
THEN    RESET Y1
        SET YN1
        RESET Y2
        RESET Y3
        RESET Y4
        SET YN4
        RESET Y5
        RESET Y6
        RESET Y7
        SET YN7
        RESET Y8

```

SET YN8  
RESET F1  
JMP TO 20  
STEP 20  
IF S1 AND N FS1 AND N FS2  
THEN SET FS1 SET F2  
IF N S1 AND FS1 AND N FS2  
THEN SET FS2  
IF S1 AND FS1 AND FS2  
THEN RESET FS1 RESET F2  
IF N S1 AND N FS1 AND FS2  
THEN RESET FS2  
IF F2 AND S2 AND XN7 AND N F12 AND XN9  
THEN RESET YN1 SET Y1  
IF F9  
THEN RESET Y1 SET YN1  
IF F10 AND N F11  
THEN SET Y2  
IF N T2 AND F11  
THEN RESET Y2  
IF XN2 AND F11 AND N F12 AND N T3  
THEN SET Y3 SET T3  
IF F12 AND N T3  
THEN RESET Y3  
IF F12 AND F9 AND N T3  
THEN RESET YN4 SET Y4  
IF N F9  
THEN RESET Y4 SET YN4  
IF XN4 AND N F9 AND F10  
THEN SET Y5  
IF N F10  
THEN RESET Y5  
IF XN5 AND N F10 AND F11  
THEN SET Y6  
IF N F11  
THEN RESET Y6  
IF XN6 AND N F11 AND F12  
THEN RESET YN7 SET Y7  
IF N F12  
THEN RESET Y7 SET YN7  
IF F9 AND N F10 AND N T2  
THEN RESET YN8 SET Y8 SET T2  
IF F10 AND N T2  
THEN RESET Y8 SET YN8  
IF X1  
THEN SET F9  
IF XN3 AND X4

THEN RESET F9  
IF XN1 AND N T2  
THEN SET F10  
IF X5  
THEN RESET F10  
IF XN8 AND X2  
THEN SET F11  
IF X6  
THEN RESET F11  
IF N T3 AND X3  
THEN SET F12  
IF X7  
THEN RESET F12  
JMP TO 20

## **8 СТАРТАП ПРОЕКТУ**

### **8.1 Опис ідеї стартап проекту**

Стартап проєкт має на мет створення новітнього підприємства для створення вузлів закупорення тар. Опис ідеї проєкту описаний в таблиці 8.1

Таблица 8.1 Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея проекту полягає в створенні сучасного підприємства в сфері автоматизації та реалізації пристроїв вузлів виробництва	Інженерні послуги. Розробка та модернізація обладнання в різних галузях виробництва	Клієнт отримує розробку нового, або модернізацію вже готового обладнання під специфіку конкретного підприємства
	Виробництво спроектованих машин та підтримка їх працездатності впродовж всього робочого циклу лінії	Клієнт знає що отримає якісне та відкаліброване обладнання для закупорки тар, отримає якісну та коректну консультацію по впровадженні вузла в роботу, може бути певен в якості продукції та її довготривалій експлуатації
	Розробка програмного забезпечення для покращення автоматизаційних функцій вузлів та самого підприємства	Виробництво програмного забезпечення не тільки покращить стан продукції але й виведе компанію на ринок автоматизованого виробництва

За такого підходу користувач отримує повний спектр послуг та переваг порівняно з конкурентами у даному напрямленні

- визначено перелік техніко-економічних характеристик та властивостей власної ідеї;

- визначено попередній перелік конкурентів, які вже існують на ринку, та знайдено інформацію щодо значень техніко-економічних показників для ідеї свого проекту та реалізації всіх пунктів;

- проведено порівняльний аналіз показників, що мають на меті спрогнозувати еластичність та дії ринку при заході на нього;

Таблиця 8.2 Порівняльний аналіз ідеї проєкту

№ п/ п	Характер истики ідеї	Послуги конкурентів				Q(сл абка стор она)	W(нейтра льна сторона)	E(сильна сторона)
		Мій	Robino	Calandrino	Oswald			
1	Інженерні послуги для налагодж ування устаткува ння	є	є	є	є	-	-	+
2	Виробниц тво спроектів аних вузлів	є	немає	немає	є	-	-	+
3	Розробка автоматиз ованого виробниц тва	є	немає	є	є	-	-	+
4	Аналіз еластично сті ринку	є	немає	немає	немає	-	-	+

5	Підтримка та відладка вузлів впродовж гарантійного терміну	є	немає	є	немає	-	-	+
---	--	---	-------	---	-------	---	---	---

Згідно до порівняльного аналізу можна зробити висновки що стартап є конкурентно спроможним на ринку технологій

## 8.2 Технологічний аудит ідеї стартап проекту

У розділі стартап проекту було проведено технологічний аудит способу за допомогою якого можливо реалізувати проект(таблиця 8.3)

Таблиця 8.3 Технологічна здійсненість стартап проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології та реалізація	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Ідея проекту полягає в створенні та покращенні	Набір компетентних кадрів, для занурення нових технологічних рішень на ринок	Дані технічні рішення вже існують а тому важливий	Технології використовуються в країнах першого світу.



	автоматизації вузлів та ліній	виробництва. Оренда-купівля площі для виробництва промислового обладнання та також офіс для праці кваліфікованих кадрів. Закупівля необхідного обладнання.	розумний підхід до брифінгів та наукових зустрічей з працівниками. Потрібний результат досягається системою кожному працівнику за його вклад в спільну справу.	
Обрана технологія ідеї проєкт: нові та модернізація старих вузлів та їх автоматизація				

З продемонстрованої інформації видно що запуск стартап проєкту належної якості можливо тільки через належне фінансування.

### 8.3 Аналіз ринкових можливостей стартапу

Оснвними гравцями-конкурентами на ринку є країни першого світу які в більшості працюють на монопольність в даній сфері, в той час коли середній ринок поступово зникає.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап проєкту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість гравців на ринку, од	6
2	Загальний обсяг продажів, дол	3.84млн
3	Динаміка ринку	Плато
4	Наявність обмежень для входу	Капітал
5	Вимоги до стандартизації та сертифікації	ISO. ДСТУ. ГОСТ
6	Середня норма рентабельності, %	24.3

За попередніми оцінюваннями наведеному у таблиці можна зробити єдиний висновок: ринок вільний для нових суб'єктів але виживуваність на ньому без потрібного стартового капіталу невисока.

#### 8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап проєкту

Розроблення ринкової стратегії, передбачає визначення охоплення ринку; опис цільових груп потенційних замовників та акціонерів(таблиця 8.5). Вибір цільових груп що передбачає розглядання, як малого і середнього, так і великого бізнесу не дивлячись на конкуренцію з більш досвідченими “гравцями”.

Таблиця 8.5 Вибір цільових груп потенційних користувачів-замовників

№ п/п	Рівень цільових груп	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції	Простота входу в сегмент

1	Малий бізнес	Низька	Високий	Мала	Висока
2	Середній бізнес	Середня	Високий	Мала	Середня
3	Монополісти	Висока	Низький	Надзвичайно мала	Надзвичайно мала

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (таблиця 8.5)

Таблиця 8.6 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Альтернатива проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові позиції для конкурентності	Базова стратегія розвитку
1	Вужча спеціалізація на виробництві	Співпраця з малим бізнесом	Злиття стартап проєктів-компаній	Реклама

Наступний кроком є вибір стратегії для конкуренції(таблиця 8.7)

№ п/п	Новизна технічних рішень	Пошук замовників-споживачів	Копіювання характеристик інших компаній	Стратегія конкурентної поведінки
1	Не нові	Співпраця з	Орієнтація на	Новаторські

		іншими проектами	ідеї кваліфікованих працівників	ідеї
--	--	---------------------	---------------------------------------	------

Відповідно до проведеного аналізу видно, що вихід на ринок не найпростіший, але враховуючи тенденцію розвитку подібних компаній та проєктів, утриматись на ринку більш чим можливо, але необхідний відповідний капітал.

## **9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Охорона праці містить у собі питання безпеки праці, попередження травматизму і професійних захворювань; пожеж і вибухів на виробництві; питання правової охорони праці.

Згідно закону про охорону праці України на нові машини, механізми, обладнання необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, необхідно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

Тема дипломного проекту - лінія розливу спирту в тари з модернізацією закупорювального пристрою. Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор. Пульти оператора знаходяться в виробничому приміщенні. Площа робочого приміщення

$S = 60 \text{ м}^2$ ,  $V=180 \text{ м}^3$ . Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того, щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. При проектуванні нової техніки повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства по охороні праці.

На підприємстві мається служба охорони праці. Відповідальність за виконання заходів щодо охорони праці і техніки безпеки несуть керівники даного підприємства.

Усі працівники ознайомлені з правилами й інструкціями з техніки безпеки і виробничою санітарією.

Автоматизована лінія призначена для розливу спирту.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні машини являються:

- повітря робочої зони;
- ураження електричним струмом;
- рухомі та обертаючі частини обладнання;

- виробничий шум;
- промислове освітлення;
- пожежонебезпека.

## 9.1 Повітря робочої зони

Енерговитрати людини в цеху досягають 150 ккал/г (172 Дж/с ). Так як в процесі роботи вузли лінії піддаються інтенсивному охолодженню водою, то робочі поверхні нагріваються не вище 45°C. Фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні зводимо в таблицю 9.1.

Таблиця 9.1. Фактичні параметри температури, відносної вологості та швидкості руху

Період року	Категорія роботи - легка		
	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Фактичні	Фактичні	Фактич.
Холодний або	2 ÷ 0-23	60 ÷ 50	0,2
Теплий	22 ÷ 25	60 ÷ 40	0,2

- Фактичні параметри забезпечуються роботою оператора по обслуговуванню лінії , що відноситься до категорії легких фізичних робіт по ДСН 3.3.6.042-99 та здійснюються наступними заходами:

- в холодну пору року підігрів приміщення батареями з теплоносіями води, яка нагріта до температури 50 ÷ 60°C;
- в теплу пору року - вентиляцією через верхні пройоми.

Розміри вхідного отвору зонта більше розмірів джерела. Для надійності роботи зонта необхідно, щоб вертикальний шлях між кромкою зонта і верхньою кромкою накритого осередку виділення шкідливостей був мінімальним.

Габарити зонта знаходимо:

висота підвісу зонта Н приймається в границях  $1,6 \div 1,8$  м;

$$H=1,6\text{м};$$

розміри прямокутного зонта в плані визначаємо з виразу:

$$A = a+0,8h;$$

$$B = b+0,8h;$$

a, b-сторони поверхні що перекривається, м;

h - відстань від пазу зонта до поверхні, що перекривається, м;

$$h = 1 \text{ м},$$

$$A = B = 0,4 + 0,8 \cdot 1 = 2,2\text{м}.$$

Кут зачинення зонта  $\varphi$  маємо приймати не більше  $60^\circ$  (в цьому випадку осьова швидкість в перерізі зонта близька до середньої по всьому перерізу зонта). Повна висота зонта:

$$h_3 = \frac{A-D}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + h_6, \text{ м};$$

$$h_3 = (2,2 - 0,3) / (2 \operatorname{tg} (60/2)) + 0,2 = 0,97 \text{ м}.$$

Під час роботи закупорювального автомату відбувається виділення токсичних речовин -парів, пилу з відкритих ємностей через нещільність технологічного обладнання. У місці виділення шкідливих компонентів ГДК- 2 - 3  $\text{мг/м}^3$  в цеху встановлена також загальнообмінна вентиляція.

Ефективна робота зонта можлива лише в тому випадку, якщо об'єм підтікаючої

течії повітря менше об'єму відсмоктуючого повітря, при двохкратному повітрообміні.

де  $D = 0,3$  м - діаметр витяжної труби;

$h_6 = 0,2$  м - висота борту;

приймаємо  $h_3 = 2$  м.

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів:

$$L = 3600 \cdot F_k \cdot v_0, \text{ м}^3/\text{год};$$

де  $F_k$  - площа розрахункового перерізу отвору на виході,  $\text{м}^2$ ;

$$F_k = 2,2 \cdot 2,2 = 4,84 \text{ м}^2,$$

$v_0 = 0,6$  м/с - середня швидкість в розрахунковому перерізі зонта,

$L_3 = 3600 \cdot 4,84 \cdot 0,6 = 10454,4$  м<sup>3</sup>/год.

Розвинутий повний тиск  $H = 1,3$  МПа.

Приймаємо осьовий вентилятор МЦ-8,

- продуктивність якого  $J_v = 12000$  м<sup>3</sup>/г,
- розвинутий повний тиск  $H_v = 1,3$  МПа,
- кількість обертів колеса  $n = 950$  об/хв,
- КПД  $\eta = 0,58$ .

Втрати тиску в системі менші розвинутого повного тиску вентилятором.

ГОСТ 12.1.005-88/98

## 9.2 Електробезпека

Виробниче приміщення, у якому встановлена лінія для фасування харчових рідин, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга 220/380 В, з частотою 50 Гц і ізольованою нейтраллю.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути наступні:

- помилкове включення установки;
- пробій на корпус;
- дотик людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання.

Трифазні ланцюги згідно "Правилам улаштування електроустаткування" (ПУЕ),

при напрузі до 1000 В приймаються як трьохпровідні ланцюги з ізольованою нейтраллю.



Таким чином, при установці, заземлення міри електробезпечності забезпечуються.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступні заходи обережності:

- рубильники вмикання установки повинні знаходитися в спеціальній шафі;
- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;
- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку попадання людини під напругу;
- на панелі керування передбачити спеціальні лампи включення устаткування;
- вузли устаткування, що можуть виявитися під напругою, обладнати затисками для підключення заземлення;
- стаціонарні огороження і розташування струмоведучих частин на недосяжній висоті;
- орієнтація в електроустановках: маркірування частин устаткування, попереджувальними сигналами, написи і таблички, світлова сигналізація.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на напрузі випробування 200 В з частотою 50 Гц на протязі 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 мОм.

Електрична апаратура, встановлена всередині робочих приміщень, повинна мати ступінь захисту Ір-51 ГОСТ 14254-80.

Ізоляція провідників вимірюється мегаомперметром П 044Т У25-0.4-1970-80.

В аварійному режимі – захисне заземлення  $R_{\text{зз}} = 3,6 \text{ Ом}$  .ГОСТ 12.1.030-82

### **9.3 Безпека впливу рухаючих і обертаючих частин**

Обертливими механізмами в лінії являються муфти, карусель, шестерні, вали, деталі привода. Ці механізми є небезпечними, так як можливе нанесення

механічних травм людини. Для застерігання травм використовують огороження (зварені з лозин у виді ґрат екран), обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах. Для аварійної зупинки лінії передбаченні аварійні кнопки виключення. На електродвигунах встановленні аварійні вимикачі.

## **9.4 Шум**

Джерелом шуму при роботі лінії є:

- електродвигун
- редуктор;
- закупорювальні пристрої;
- ротори.

В результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму 90-95 дБА. Це означає прийняття наступних обмежень захисту від виробничого шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться, також належність прокладочних матеріалів;
- застосування захисних кожухів з норміровкою ,  $\Delta L = 8$  дБА.

При прийнятті обмежень захисту отримаємо значення шуму 65 дБА, що відповідає ДСН 3.3.6.037-99.

## **9.5 Промислове освітлення**

У даний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом. Для цього вибирається бічне освітлення, через світлові прорізи у зовнішніх стінах.

Устаткування працює в 3 зміни, виробництво беззупинне. Розрахунок освітлення будемо робити для темного часу доби, застосовуючи тільки загальну освітленість газорозрядні лампами , потужністю 250 Вт, світловим потоком.

$E_{\text{норм}} = 150$  лк.

$\Phi = 18700$  лм 1 освітленістю  $E_{\Phi}=160$  лк.

Загальне рівномірне освітлення горизонтальної поверхні при світильниках будь-якого типу буде розраховано по методу коефіцієнта використання світлового потоку.

## 9.6 Пожежна безпека

Джерелом пожежної небезпеки є тверді горючі і важкогорючі матеріали, а саме полімери (поліпропілен, ПЕТ, поліетилен), температура загорання яких  $t=300^{\circ}\text{C}$ , температура самозагорання  $t=360^{\circ}\text{C}$ . Категорія пожежної небезпеки цеху - В (згідно ОНТП 24-86), клас по ПУЕ п- Па, ступінь вогнестійкості II (згідно СНиП 2.01.02-85). Основними причинами виникнення пожеж при виробництві є:

- 1) несправність електроустаткування (коротке замикання, великі перехідні опори, перевантаження);
- 2) розряд атмосферної і статичної електрики;
- 3) самозаймання промасленого устаткування.

Заходи щодо пожежної безпеки підрозділяються на організаційні, технічні й експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають: правильну експлуатацію устаткування, правильний зміст приміщення, протипожежний інструктаж робітників.

До технічних заходів відносять дотримання протипожежної безпеки, правил і норм при проектуванні будинку, при установці електроустаткування, опалення, освітлення і вентиляції.

Експлуатаційні заходи - це своєчасний огляд і ремонт технологічного устаткування. Для гасіння пожежі застосовуються вуглекислові вогнегасники ОУ-5 (4 шт). Будинок обладнаний запасним виходом (0,8 м) згідно СНиП 2.09.02-85.

Під час виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація -теплові оповіщувачі пристрої типу ДТП. Інформація від оповіщувачів надходить в

приймальну станцію. При виникненні пожежі, люди повинні залишити приміщення. Відповідно до СНиП 2.09.02-85 в приміщенні знаходяться два евакуиходи. Сам цех - це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а дверей на шляху евакуації - не менше 0,8 м.

Принцип дії вогнегасника с пусковим балоном заключається на використанні

енергії стисненого повітря. В якості газу використовується оксид водню закачаного під тиском в пусковий балон . При використанні вогнегасника пусковий баллон вскривається , газ витісняється поступає в корпус вогнегасника .Цим вогнегасники розпізнають

- висока вогнегасна здатність
- надійність

Вогнегасники призначені для оснастки об'єктів пожежної безпеки.

Правила безпеки при експлуатації балонів

- Напруга на стінках при гідравлічному викробуванні не перевищувала 90%

границі текучості для данної марки сталі.

- Для балонів малого і середнього об'єму тиск  $P_r < 19,6$  МПа , ГОСТ 949-73 , а для балонів великого об'єму  $P_r < 25$  МПа , ГОСТ 9731-79

- На верхній сферичній частині баллона повинні бути нанесені данні: товарний знак , номер баллона , дата виготовлення, и рік наступного використання , вид термообробки , робочий тиск,

-Балони в приміщенні повинні знаходитись від радіаторів , печей та інших обігрівуючих пристроїв на відстані не менше 1м , а від відкритого вогню не менше 5м.

У випадку надзвичайної ситуації – вибуху на сусідньому підприємстві, яке працює з хімічними речовинами, необхідно щоб кожен працівник мав особисті засоби захисту. А також повна герметизація приміщення нашого підприємства, від підприємства, яке працює з хімічними речовинами.



## 10 МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗАКУПОРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

### 10.1 Розробка 3D моделей базової та модернізованої конструкцій закупорювального пристрою

У процесі виконання магістерської дисертації було розроблено твердотільні моделі базової та модернізованої конструкцій закупорювального пристрою лінії розливу спирту з метою більш наочної деформації переваг запропонованої модернізації за патентом RU 2329944 порівняно з наявною конструкцією. Розробку відповідних 3D моделей вузлів закупорювального пристрою здійснено у середовищі CAD-системи SolidWorks

На рисунку 10.1 зображено закупорювальний механізм, який включає прут, ролики, пружину, корпус, що розташовані в його середині.

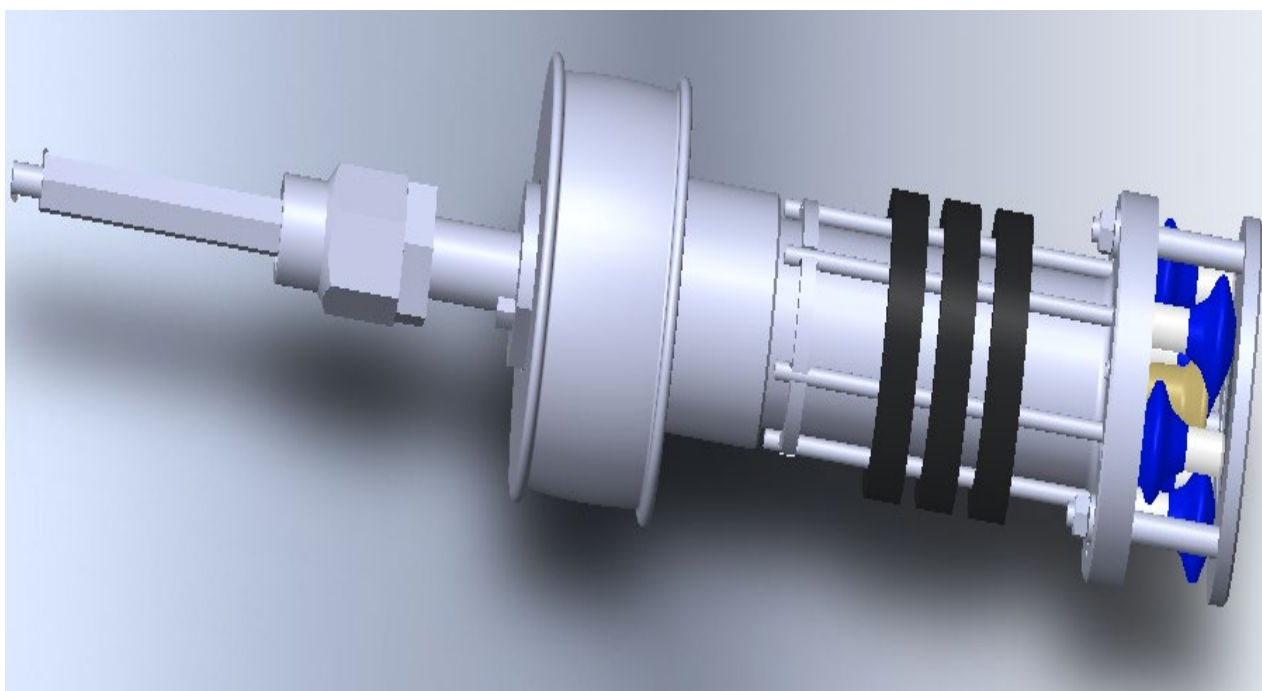


Рис. 10.1 – 3D модель закупорювального пристрою базової конструкції

На рисунку 10.2 показано конструкцію модернізованого закупорювального пристрою. Головною відмінністю модернізованої конструкції порівняно з базовою конструкцією це покращення закупорки шляхом зменшення площі

контакту ролика з кришечкою та збільшення тиску на площу контакту. Що в свою чергу знизить відсоток браку та дозволить краще закупорювати тари.

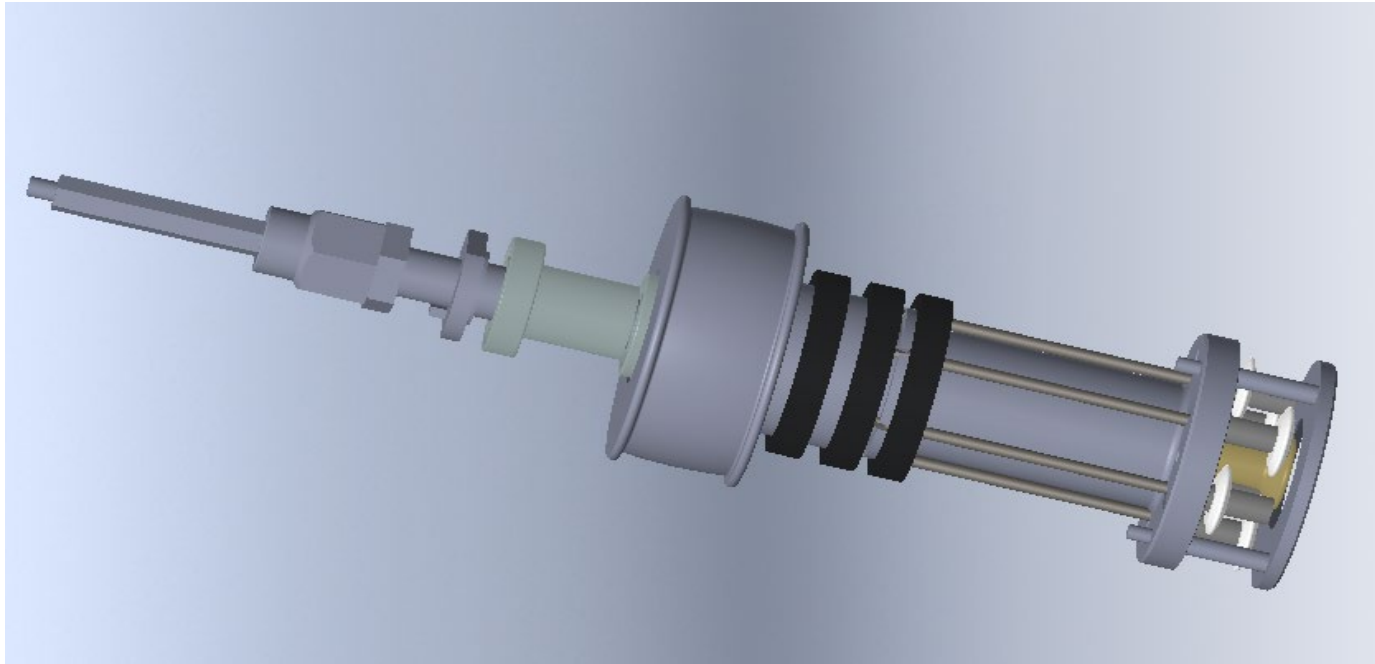


Рис. 10.2 – модель закупорювального пристрою модернізованої конструкції

Враховуючи те що модернізовані деталі конструкції наявні ззовні, а тому розріз конструкції робити не потрібно.

### **10.2 Розрахунок на міцність базової конструкції закупорювального вузла. Визначення запасу міцності**

Для числового моделювання напружено- деформованого стану (НДС) базового обладнання було обрано закупорювальний пристрій, а саме прут циліндр та ролик, оскільки саме ці деталі зазнають найбільшого механічного навантаження під час експлуатації, яке і визначає їх міцність.

Числовий аналіз НДС ролика закупорення базової конструкції виконано з використанням програмних продуктів ANSYS Workbench [] – Analysis System – Static Structural. Результат дискретизації геометричної моделі прута та ролика, або побудова скінченно-елементної сітки, наведено на рисунку 10.3. При цьому розмір скінченного елементу становив 0.01 м що дало змогу отримати достатню точність розрахунків за невеликої їх тривалості. Тут і далі по тексту наведені

розрахунки які здійснювались методом подвійного перерахунку до досягнення сіткової збіжності.

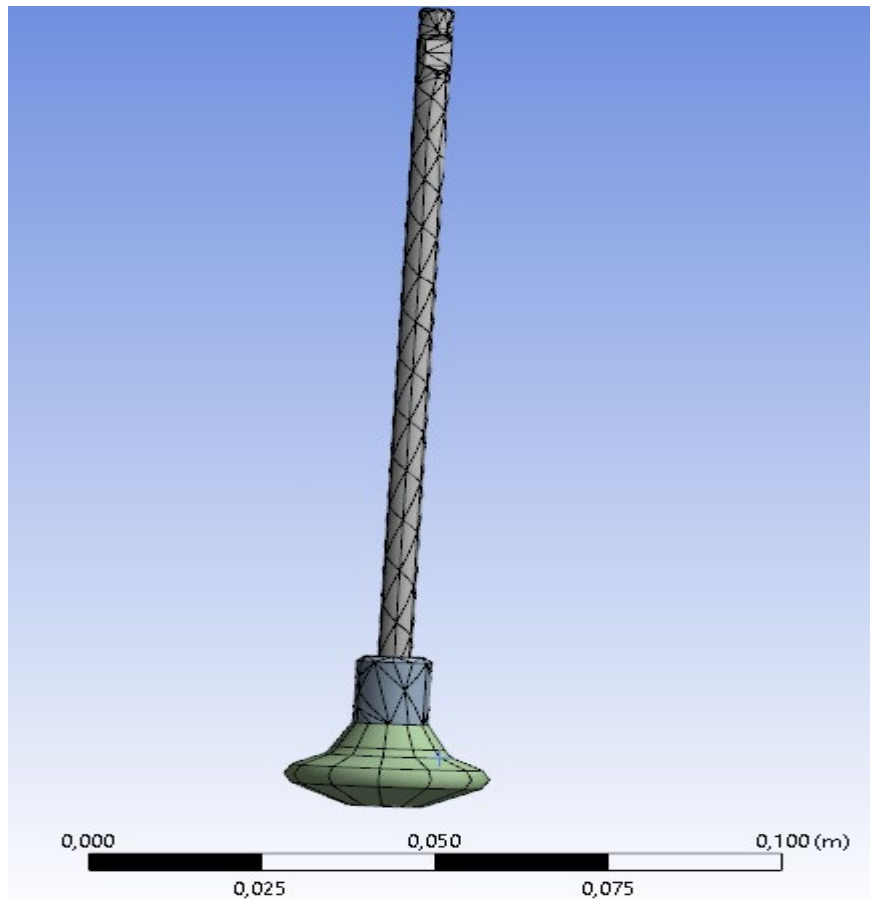


Рис. 10.3 – Дискретизація прута та ролика закупорювального пристрою базової конструкції на скінченні елементи

Схема навантаження (або граничні умови) ролика закупорювального пристрою базової конструкції наведена на рисунку 10.4. Закріплення задавалися у місцях установки прута на фіксованих “прищепках”, тиск задавався у місцях контакту ролика з кришечкою тари.



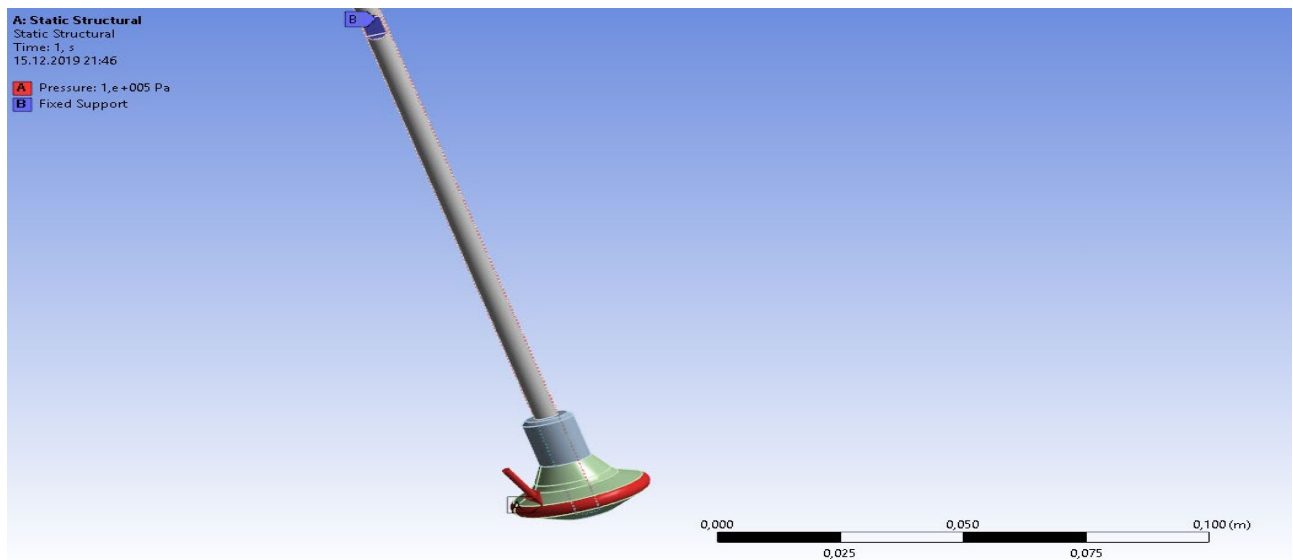


Рис. 10.4 – Схема навантаження (граничні умови) для прута та ролика закупорювального пристрою базової конструкції

Результати числового моделювання НДС ролика базової конструкції наведено на рисунках 10.5 – 10.8 . Максимальні результуючі переміщення ролика склали  $8.23 \times 10^{-9}$  (рисунок 10.5), що не є критичним для ролика закупорювального пристрою.

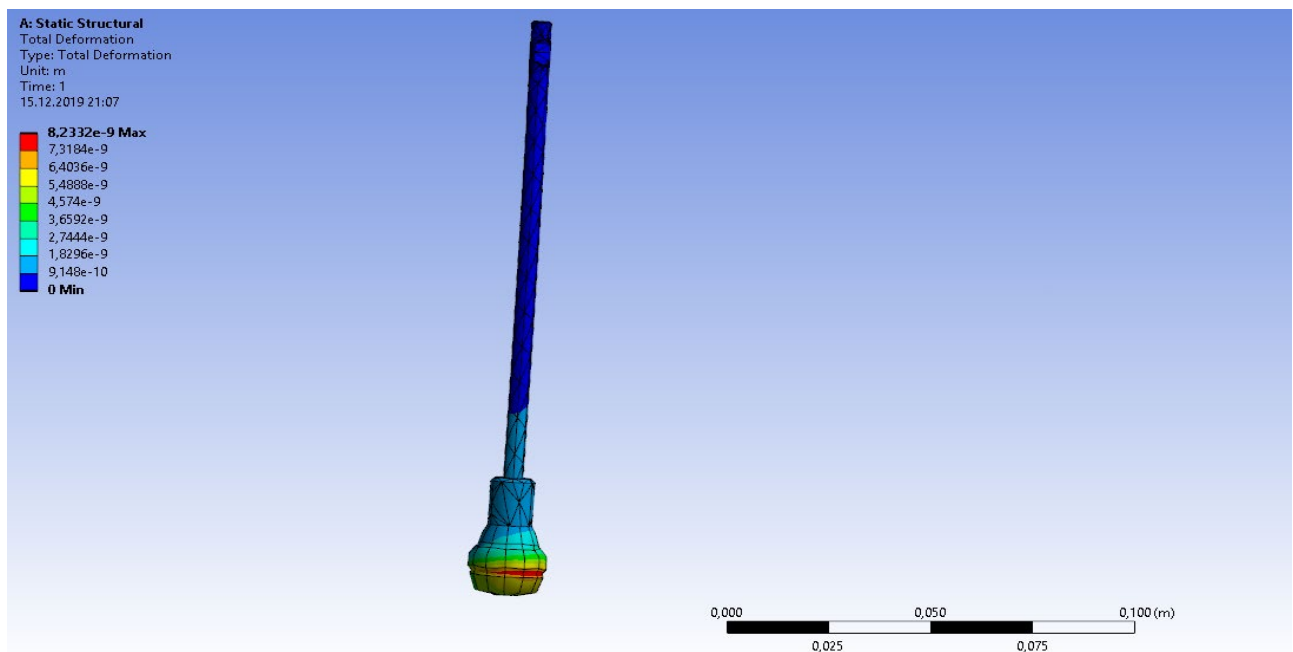


Рис. 10.5 – Поле результуючих переміщень ролика закупорювального пристрою базової конструкції

Найбільші еквівалентні пружні деформації відбуваються в місцях контакту ролика з кришечкою тари. (рисунки 10.5 – 10.6)

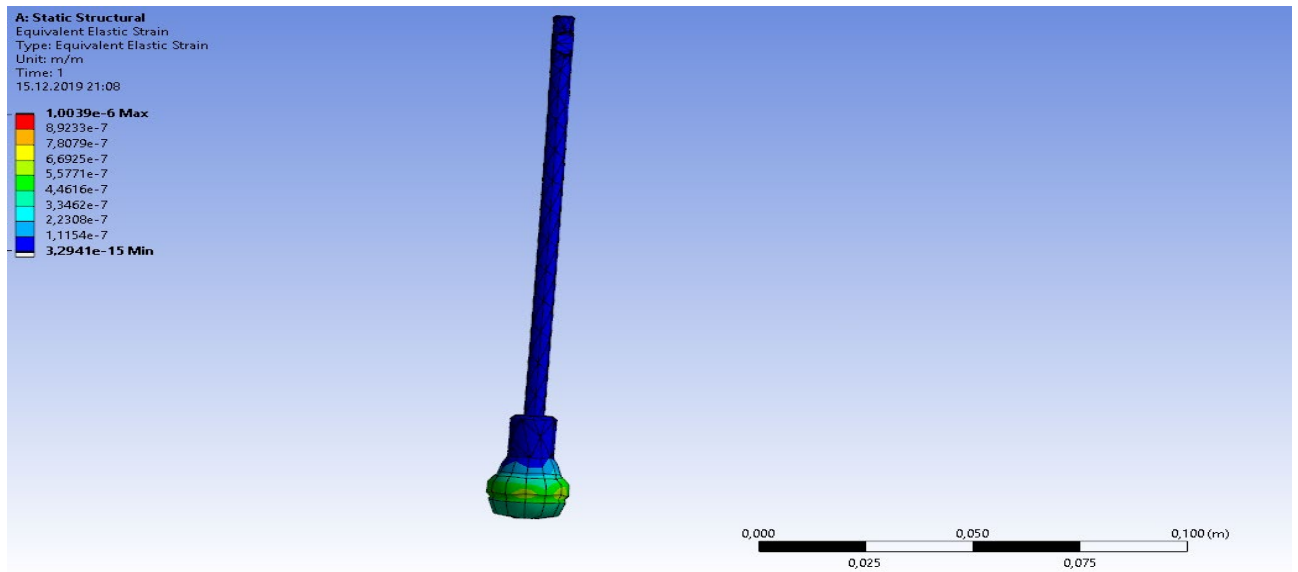


Рисунок 10.6 – Поле еквівалентних пружних деформацій ролика закурювального пристрою базової конструкції

Найбільші еквівалентні напруження виникають також у місцях контакту ролика з кришечкою тари (рисунок 10.7)

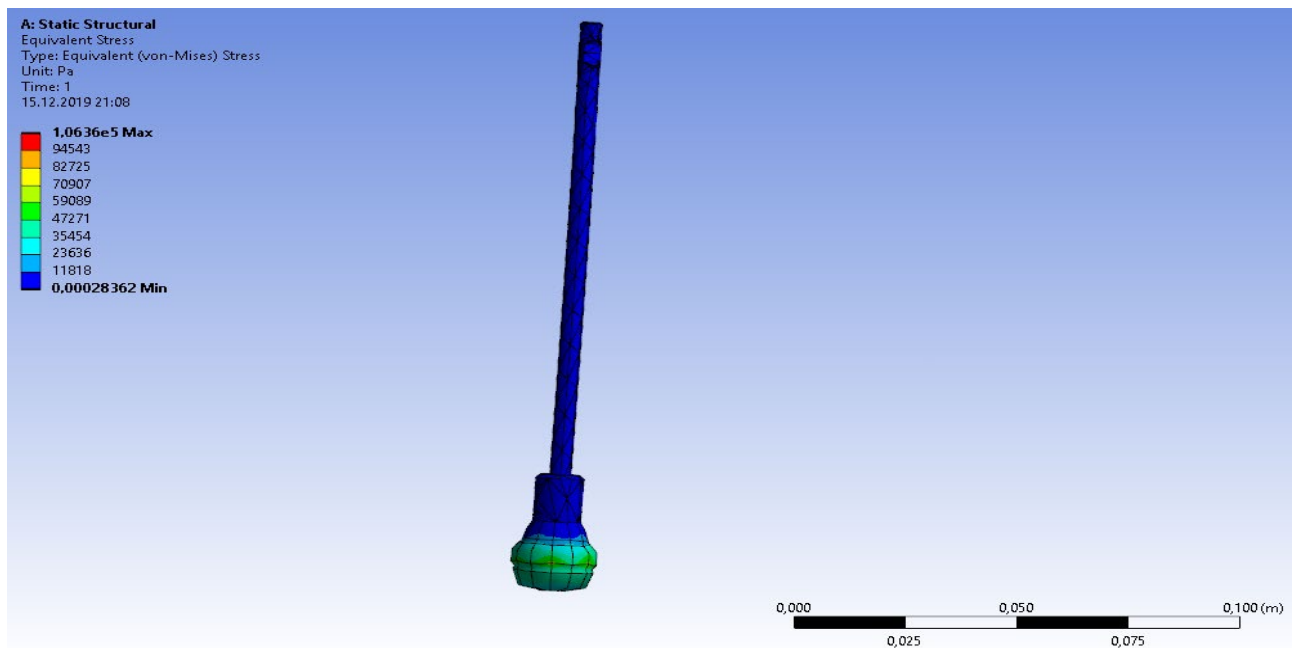


Рисунок 10.7 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом ролика закурювального пристрою базової конструкції

Запас міцності конструкції з прута циліндра та ролика закупорення становить 15 (рисунок 10.8), що є більш чим достатнім для закупорювальних систем.

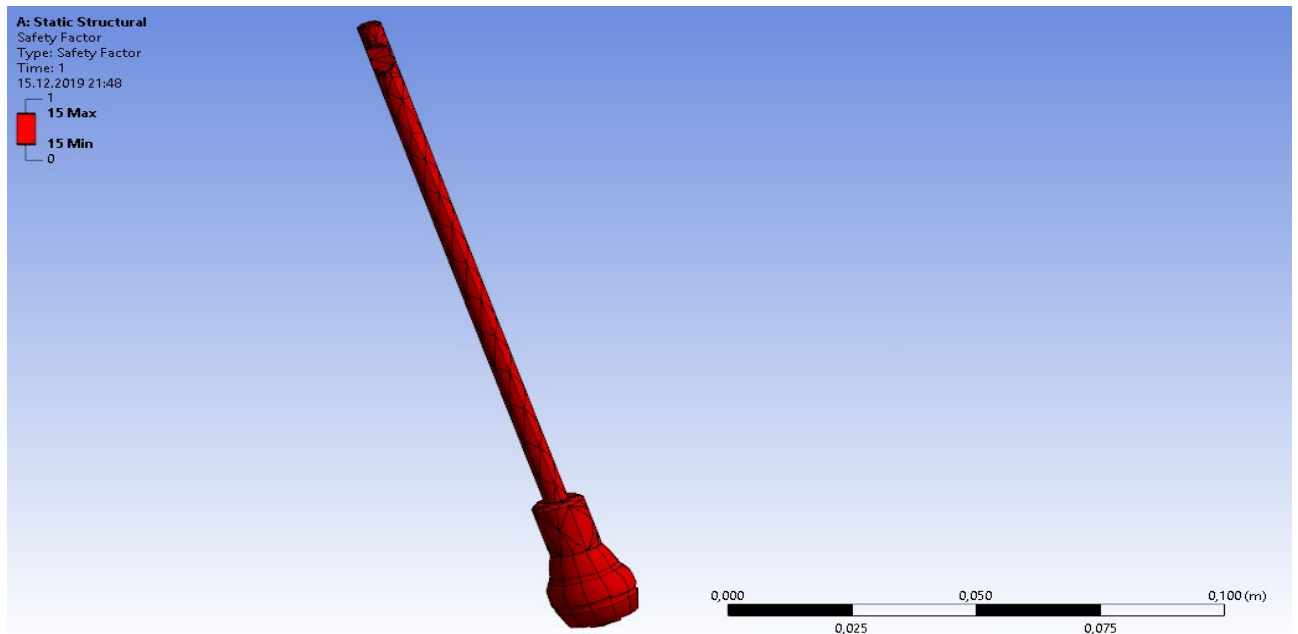


Рисунок 10.8 – Поле запасу міцності для ролика закупорювального пристрою базової конструкції

Висновок: за результатами числового моделювання НДС обладнання встановлено, що ролик закупорювального пристрою має запас міцності близько 15, що цілком задовольняє умови та надійність його експлуатації.

### 10.3 Розрахунки на міцність модернізованої конструкції прута та ролика закупорювального пристрою. Визначення запасу міцності

Для забезпечення умов коректного порівняння для числового моделювання НДС модернізованого обладнання також як у випадку базового устаткування було обрано прут з роликом закупорювальної системи.

Числовий аналіз НДС прута та ролика закупорювальної системи модернізованої конструкції також виконано з використанням програмних продуктів ANSYS Workbench [] – Analysis System – Static Structural. Результат дискретизації геометричної моделі прута та ролика геометричної моделі закупорювального

пристрою модернізованої конструкції наведено на рисунку 10.9. При цьому розмір скінченного сегменту також як і для базової конструкції становив 0.01м.



Рисунок 10.9 – Скінченно-елементна дискретизація прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції

Схема навантаження прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції наведена на рисунку 10.10. Закріплення також як і для базової конструкції задавалися в місцях кріплення прута до “прищепок” , зусилля для максимального тиску встановлено на точці дотику ролика та кришечки тари. На відмінну від базової конструкції у модернізованій додатково задавався надлишковий тиск від кришечки тари для перевірки досконалості конструкції ролика.



Рисунок 10.10 – Схема навантаження прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції

Результати числового моделювання НДС прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції наведено на рисунках 10.11 – 10.12. Максимальні результуючі переміщення модернізованого ролика склали  $1.24 \times 10^{-7}$  м (рисунок 10.11 – 10.12), що є не критичним для ролика закупорювального пристрою

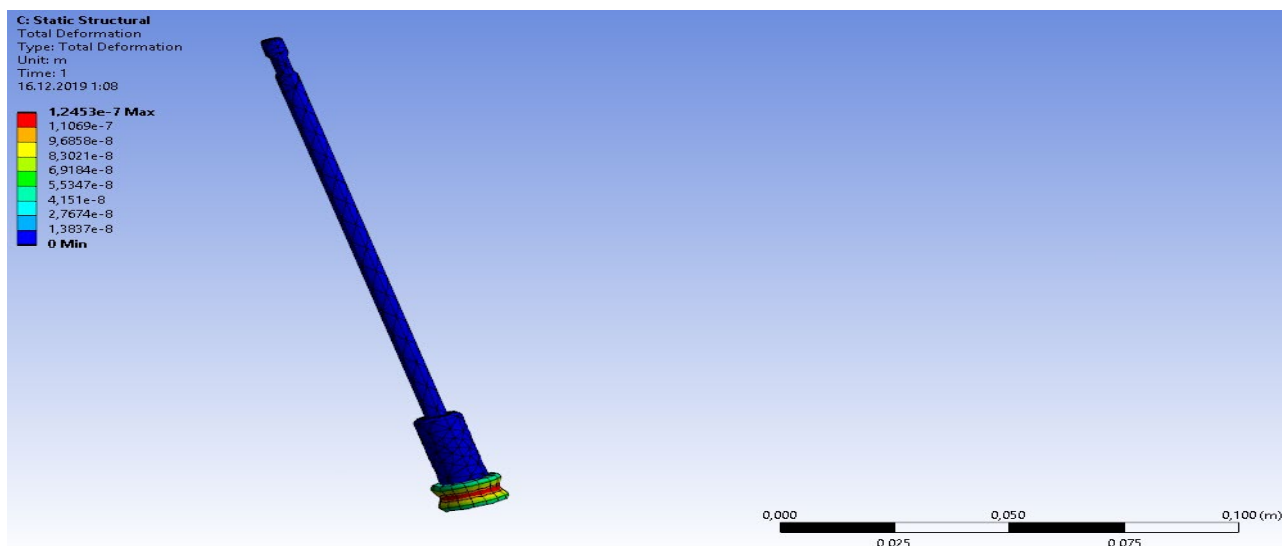


Рисунок 10.11 – Поле результируючих переміщень прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції

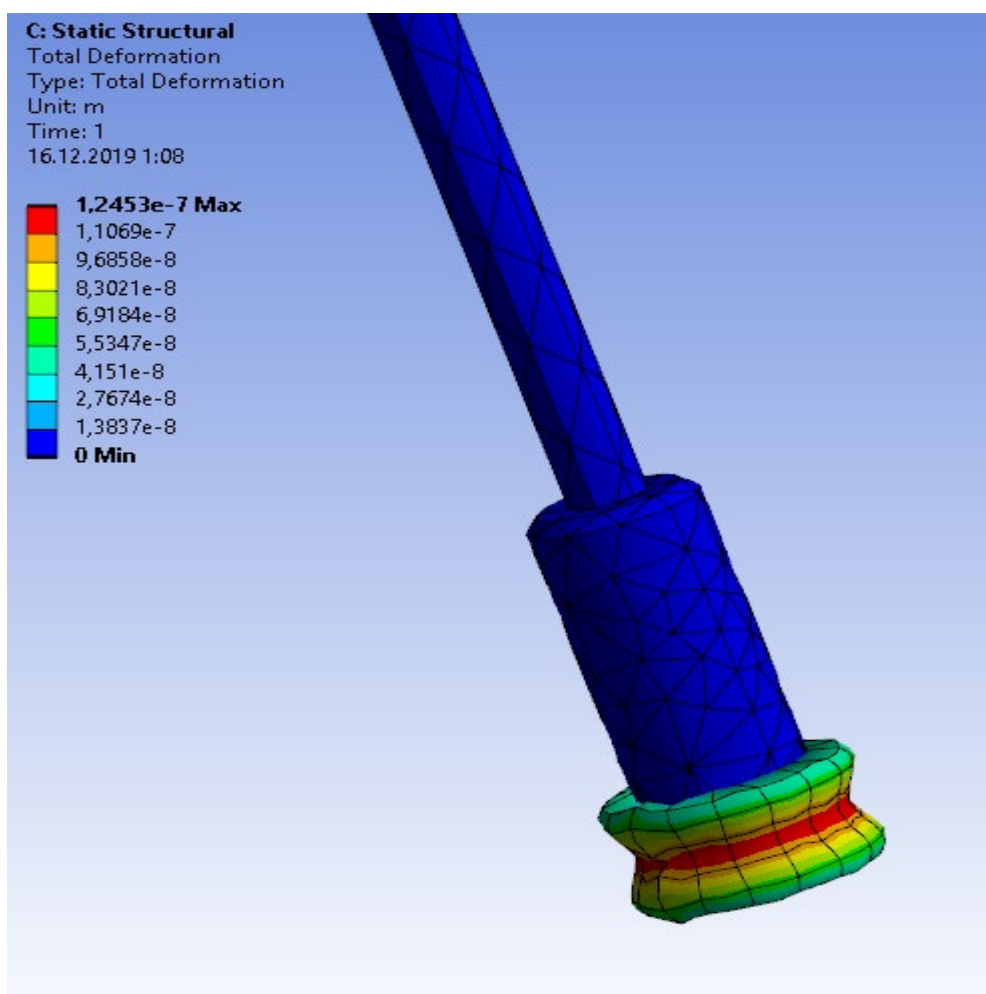


Рисунок 10.12 – Поле результируючих переміщень прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції(збільшений для наглядності)

Найбільші еквівалентні пружні деформації відбуваються в місцях контакту ролика з кришечкою тари (рисунки 10.13 – 10.14) що відповідає еквівалентним пружним деформаціям базової конструкції

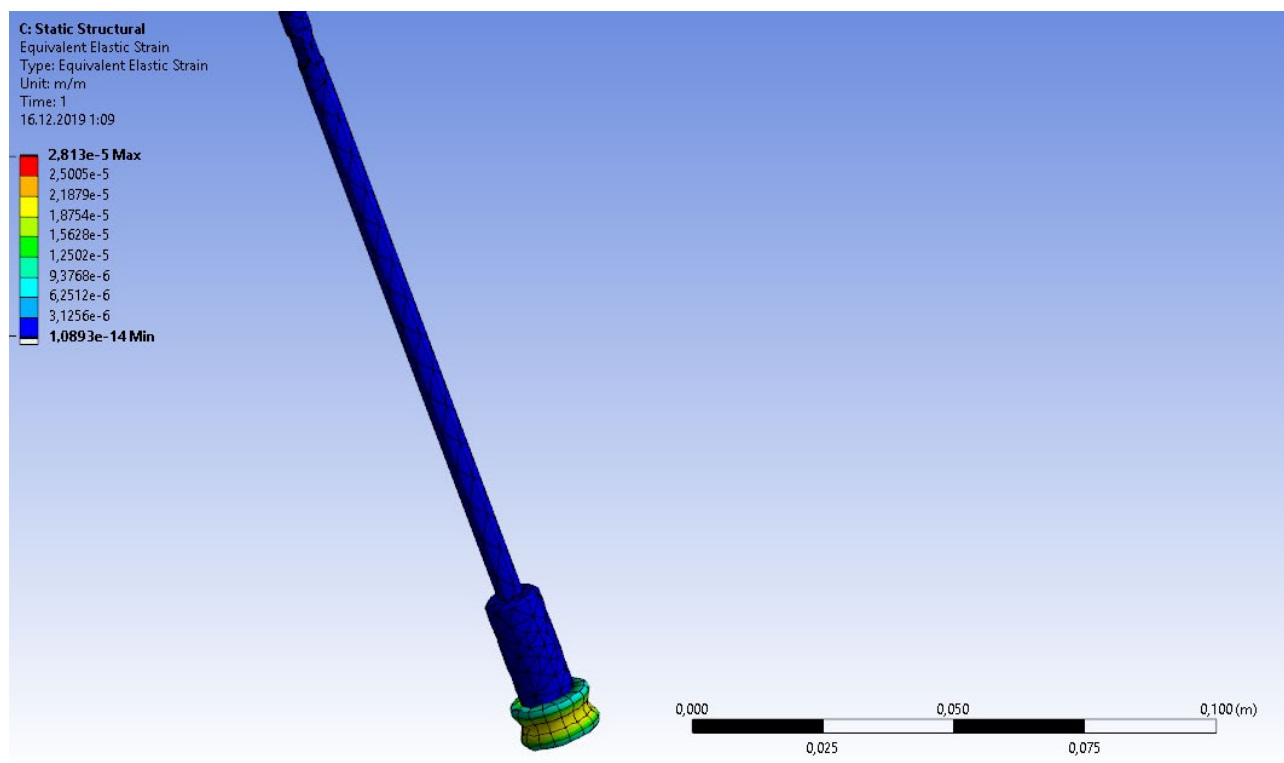


Рисунок 10.13 – Поле еквівалентних пружних деформацій прута та ролика заупорювального пристрою модернізованої конструкції

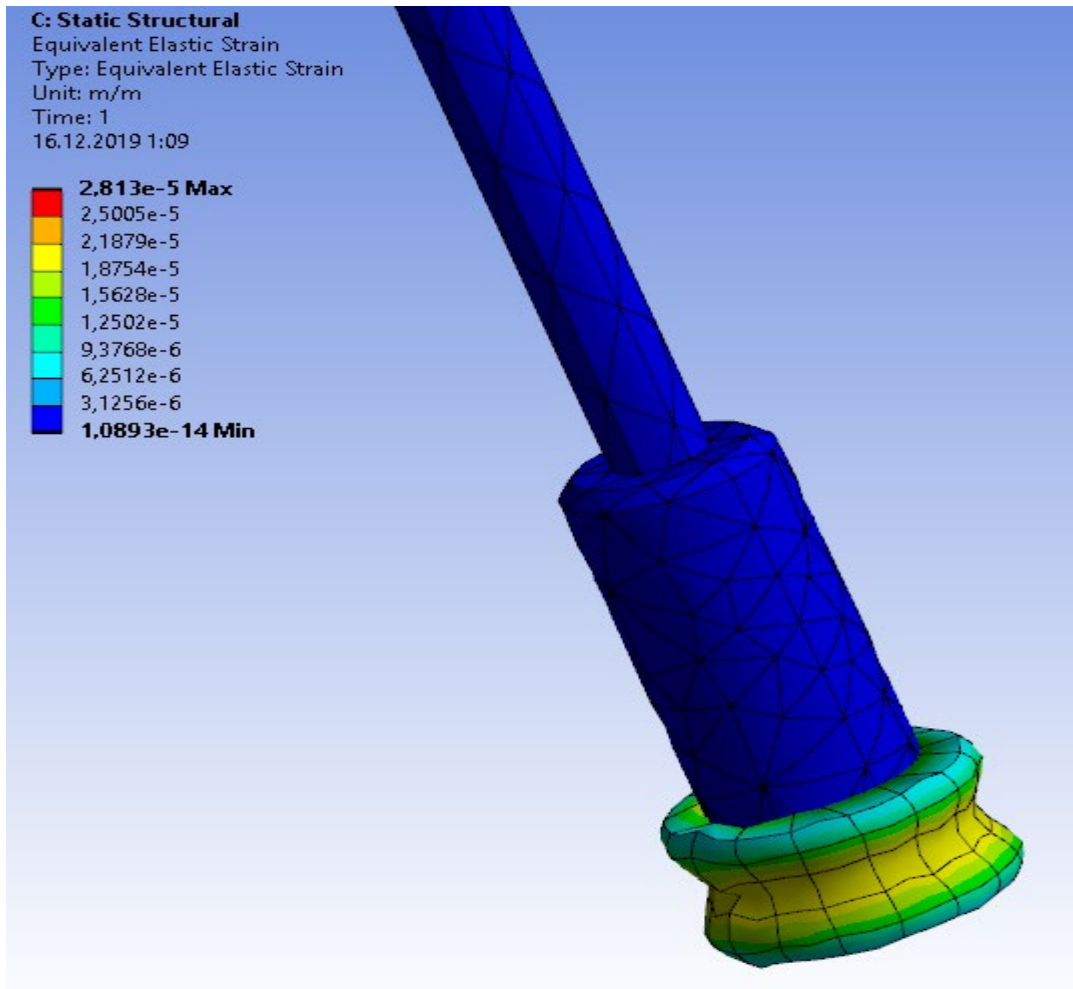


Рисунок 10.14 – Поле еквівалентних пружних деформацій прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції (збільшено для наглядності)

Найбільш еквівалентні напруження також виникають у місцях контакт ролика з кришечкою тари ( рисунки 10.15-10.16) що також відповідають еквівалентним напруженням базової конструкції



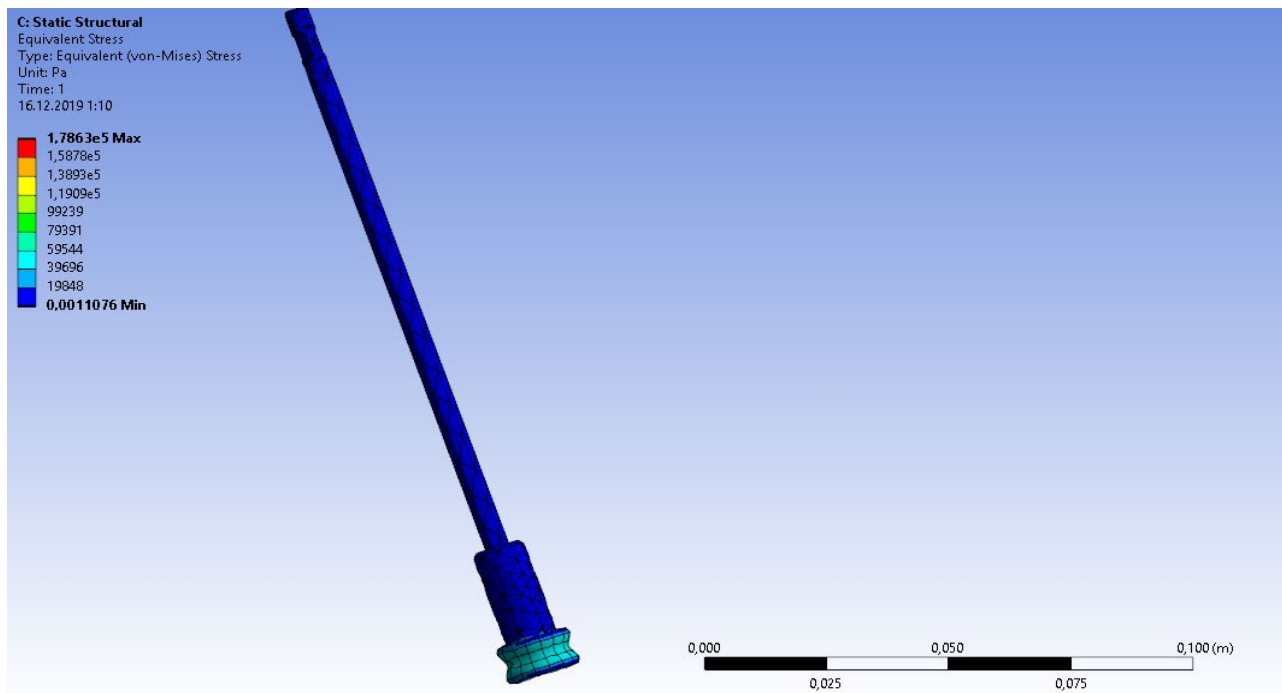


Рисунок 10.15 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції

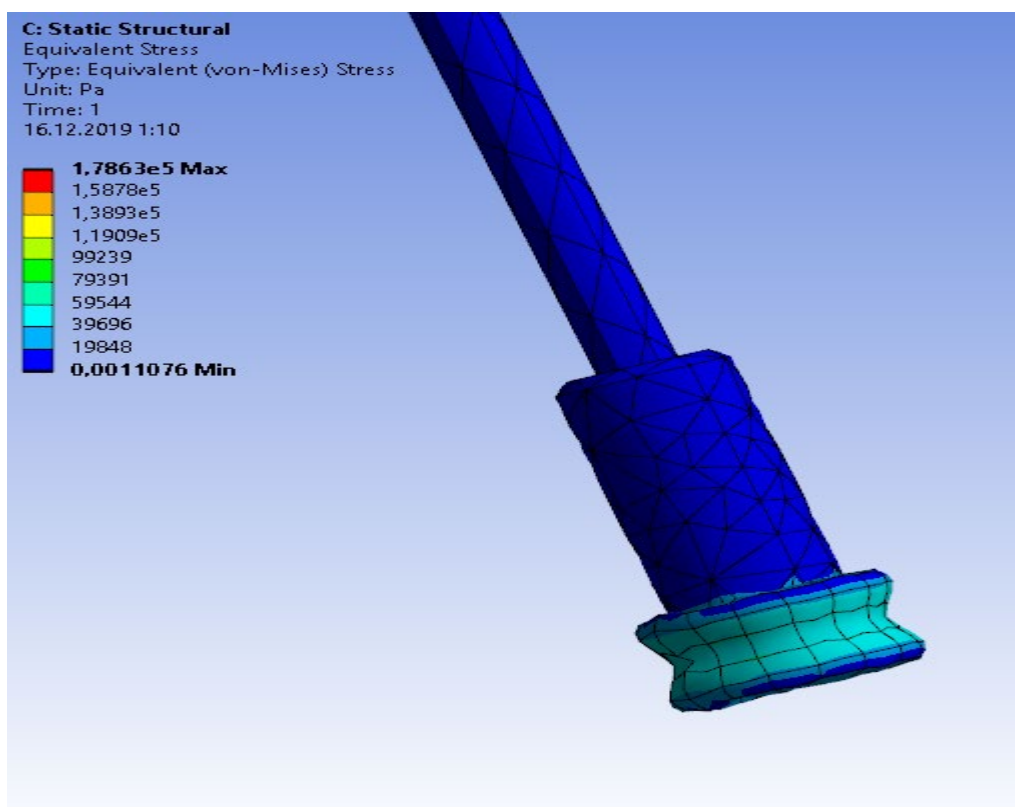


Рисунок 10.16 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції (збільшено для наглядності)

Запас міцності за максимального навантаження прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції становить 15 (рисунок 10.17), що є достатнім для типу такої конструкції та також повністю тотожне значенню базової конструкції, що значить модернізована конструкція виконує необхідні функції.

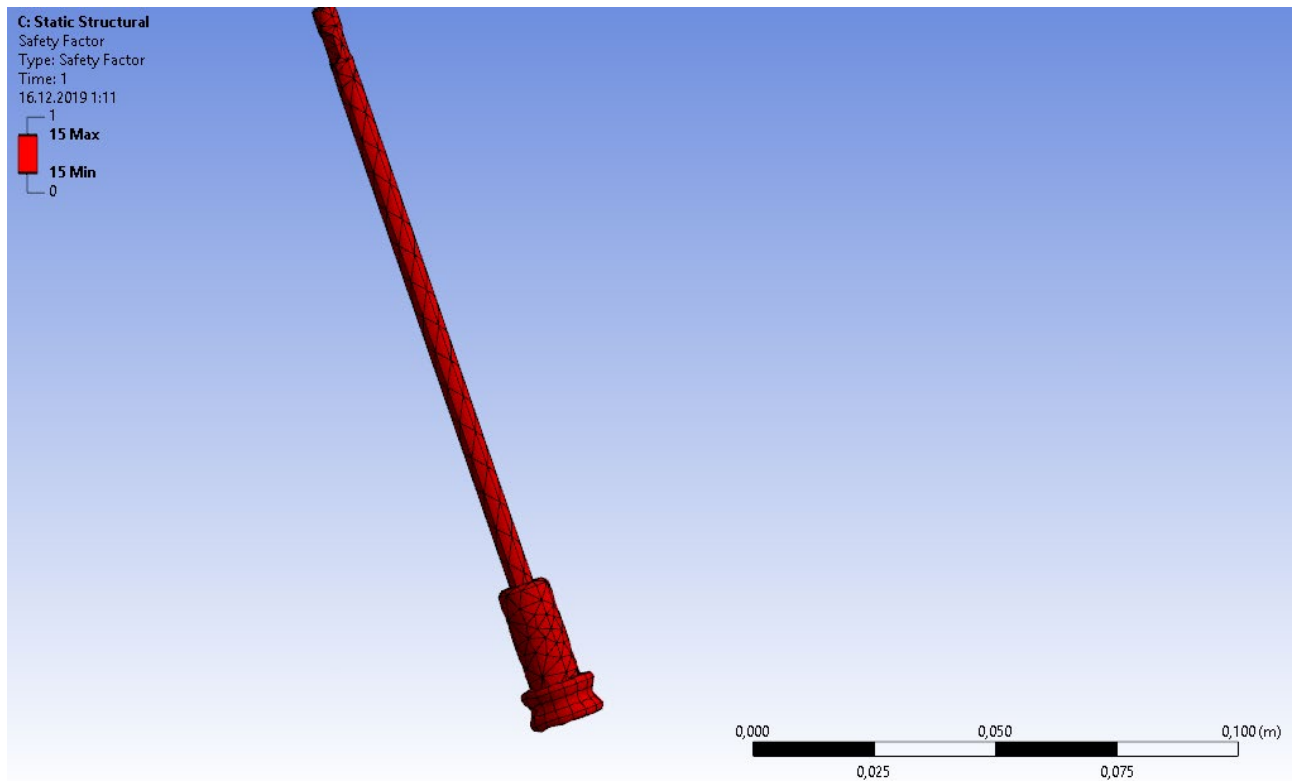


Рисунок 10.17 – Поле запасу міцності прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції

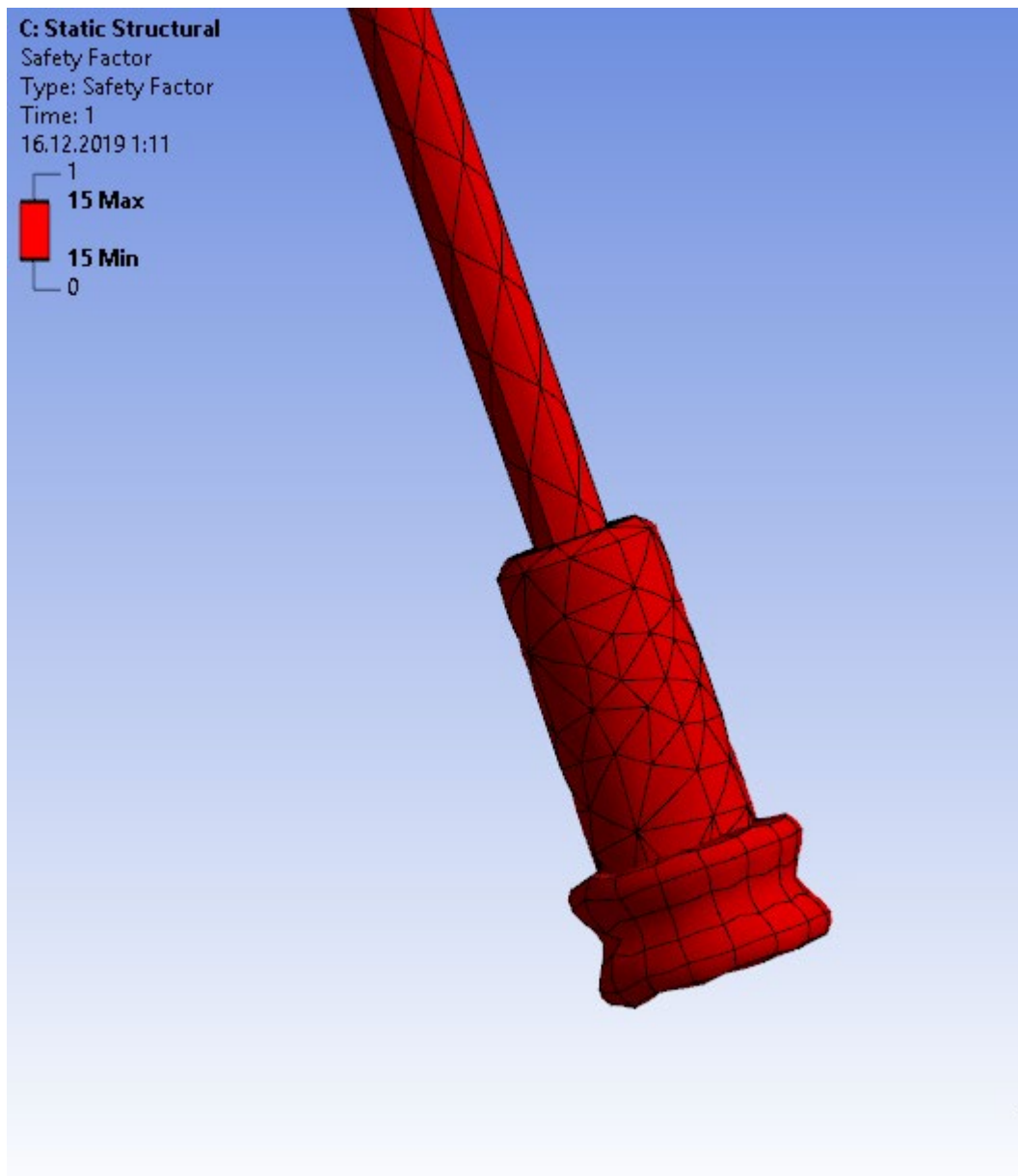


Рисунок 10.17 – Поле запасу міцності прута та ролика закупорювального пристрою модернізованої конструкції (збільшено для наглядності)

#### **10.4 Підтвердження працездатності модернізованого вузла закупорювального пристрою**

Головним результатом числового моделювання, що підтверджує працездатність модернізованого вузла закупорювального пристрою є запас міцності конструкції, значення якого для прута та ролика становить 15. Отримані значення запас міцності модернізованих деталей та вузла свідчать про його придатність до надійної та довготривалої експлуатації.

При цьому зміна форми ролика значно збільшує обсяг функцій закупорення кришечок, що в свою чергу позитивно відобразиться на роботі всієї лінії.

## ВИСНОВКИ

Головним результатом магістерської дисертації є модернізація вузла закупорювального пристрою для лінії розливу спирту в тари та дослідження напружено-деформованого стану пакувального обладнання з метою підтвердження його експлуатаційної придатності.

За результатами магістерської дисертації можна зробити такі висновки:

- 1) Розглянуто призначення й галузь застосування закупорювального пристрою, обрана й обґрунтована його конструкція, наведено технічні характеристики.
- 2) Виконано розрахунки закупорювального пристрою базової конструкції, що включають параметричні, кінематичні та розрахунки на міцність. За результатами розрахунків встановлено, що машина є працездатною.
- 3) На підставі літературного та патентного огляд здійснено вибір та обґрунтування закупорювального пристрою за патентом RU 2329944, що забезпечує підвищення точності та якості обкатки кришечки тари, що в свою чергу позитивно відображається на роботі лінії.
- 4) Розроблено чотири креслення та специфікації до них: загальний вигляд лінії розливу спирту, загальний вигляд автомату закупорювання кришечок, загальний вигляд автомату фасування тар, модернізація закупорювального пристрою.
- 5) Розроблено розділи по монтажу та експлуатації лінії розливу спирту в тари. Також розроблено стартап проєкт та написано правила з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при роботі з лінією розливу спирту.
- 6) Розроблено тверdotільні та числові моделі НДС вузла закупорювального пристрою для розв'язання таких задач: лінійної пружності для прута та ролика закупорення; нелінійної пружності для нееластичної машини закупорення модернізованої конструкції з використанням діаграми деформація-напруження та врахуванням великих деформацій.
- 7) З використанням розроблених числових моделей вузла закупорювального пристрою досліджено НДС обладнання з метою підтвердження працездатності запропонованої модернізації.

8) Головним результатом числового моделювання, що підтверджує працездатність модернізованого вузла закупорювального пристрою є запас міцності конструкції, значення якого для прута та ролика становлять 15 при тиску в одну атмосферу. Отримані значення запасу міцності свідчать про його придатність до надійної та довготривалої експлуатації.

9) Наявність модернізованого ролика у вузлі закупорювального пристрою повинна забезпечити кращу обкатку кришечок на тарі та зниження відсотку бракованої продукції.

10) Проведено оцінку похибки визначення зусилля (напруження) за тестовою числовою моделлю розтягу прута та ролика закупорювального пристрою яка становить 0.01%. Отримані результати можна розповсюдити на розрахунки НДС ролика закупорювального пристрою, які теж повинні мати похибку не вищу за 0.03-0.05%

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Важнейшие химические производства. / Мухленов И.П., Авербух А.Я., Кузнецов Д.А. и др. Под редакцией И.П. Мухленова. – М.: Высш. шк., 1984.
2. Добрынин А. ПЭТ-гранулят, производство ПЭТ-преформ //Пивное дело. - 2001, -№2. –С.16-29.
3. Зайчик Ц.Р., Трунов В.А. Упаковывание тихих напитков в бутылки. – М.: ДеЛи, 2000. -206 с.
4. Кононова Г.Н., Сафонов В.В. Учебно-методическое пособие «Производство этилового спирта прямой гидратацией этилена».
5. Кутепов А.М. и др. «Общая химическая технология». М. Высш. Шк., 1990.
6. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1988.
7. Любешкина Е., Аксенова Т. Полиэтилентерефталат, свойства и применение //Пакет. -2000, -№1. –С.19-28.
8. Мухленов И.П. И др. «Общая химическая технология». М. Высш. Шк., 1984.
9. Общая химическая технология: Учебник для химико-технологических специальностей. Т. 2.
- 10.Петляков Г. ПЭТ-преформа: 42 или 40 – что лучше? //Веко о напитках. - 2002, -№6. –С.30-32.
- 11.Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1992.
- 12.Трунов В.А., Зайчик Ц.Р. Специальное оборудование для производства ПЭТ-бутылок //Пищевая промышленность.-2000,-№9.-С.2-5.
- 13.Трунов В.А. Новое оборудование для линий розлива пищевой продукции // Пищевая промышленность. -2000, -№2. –С.30-32.
- 14.Сахаров О. С. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Сівецький В.І. САПР. Інтегрована система моделювання технологічних процесів і розрахунку обладнання хімічної промисловості // – К.: Поліграф Консалтинг, 2006. – 156 с.

- 15.Сахаров О. С. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Сівецький В.І. САПР. Застосування програмного комплексу ВЕСНА в розрахунках процесів і обладнання з врахуванням термосилових навантажень.: Навчальний посібник // – К.: Видавництво “ЕКМО”, 2009. – 180 с
- 16.Петляков Г.Я. Секреты качества ПЭТ-бутылки в оптимальных режимах разогрева преформы //Пакиндустрия.-1998,-август-С.22-23.
- 17.Петляков Г., Редько А. Техника и технология производства ПЭТ-тары и розлива жидкостей //Индустрия упаковки.-2000, №2.-С.22-25.
- 18.Патент на изобретение №2129957 по заявке 98115130 от 17.08.98// Петляков Г.Я.// Установка для изготовления пустотелых изделий.
- 19.Петляков Г. Российский рынок оборудования для выдува ПЭТ-бутылок //Веко о напитках. -2002, -№3. –С.19-24.
- 20.Деркач Я. Современные технологии и оборудование для производства тары и упаковки из полиэтилентерефталата // Тара и упаковка. -2003, -№3. –С.12-25.
- 21.Петляков Г. О реалиях и путях развития выдувного оборудования в России рассказывает производитель // Пакет. -2002, -№5. –С.22-23.
- 22.Патент на изобретение №2140853 по заявке 99106902 от 13.04.99// Угольников С.А., Петляков Г.Я., Белов С.А.// Установка для изготовления пустотелых изделий.
- 23.Погорелов Б.В., Коалесцентная осушка воздуха- обеспечение долговечности работы пневматики //Индустрия напитков. -2004, -№2. –С.34-35.
- 24.Угольников С., Петляков Г. Полуавтоматическое оборудование для выдува ПЭТ-бутылок // Тара и упаковка. -1998, -№1. –С.46-48.